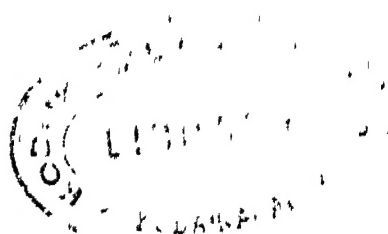


CALL NO52(091)
BER

1457

40-50



MISSION

CHARGE I

DE L'OBSERVATION DU PASSAGE DE VÉNUS AU CHILI.

DETERMINATIONS MAGNETIQUES

EFFECTUEES PENDANT LE VOYAGE DE LA MISSION



MÉMOIRE

ADRESSÉ AU

BUREAU DES LONGITUDES

PAR M DE BERNARDIERES,

Chef de la Mission chargée par l'Académie des Sciences de l'observation du Passage de Venus
au Chili, et par le Bureau des Longitudes
de la mesure de différences de longitude sur la côte occidentale de l'Amérique du Sud,

SUR LES

DÉTERMINATIONS MAGNÉTIQUES

EFFECTUÉS PENDANT LE VOYAGE DE LA MISSION,

PAR MM

DE BERNARDIERES, lieutenant de vaisseau, chef de la Mission,
BARNAUD, lieutenant de vaisseau, membre de la Mission,
FAVEREAU, enseigne de vaisseau, membre de la Mission



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS,

IMPRIMEUR-LIBRAIRE DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS,

QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55

—
1884

AVERTISSEMENT.

Les importantes expéditions entreprises, d'une part pour l'observation du Passage de Venus, au nom de l'Académie des Sciences, et d'autre part pour la grande triangulation en longitude destinée à relier les villes de Buenos-Ayres, Santiago du Chili, Valparaiso, Lima et Panama, au nom du Bureau des Longitudes, ont engagé le Bureau à recommander à M le lieutenant de vaisseau de Bernardières de continuer, dans cette nouvelle campagne, ses observations sur le magnétisme terrestre

M de Bernardières, en collaboration avec MM le lieutenant de vaisseau Barnaud et l'enseigne de vaisseau Favereau, a tenu à répondre à l'invitation du Bureau : il a effectué, dans l'Amérique du Sud, 44 déterminations de déclinaison, 36 d'inclinaison et 41 mesures de l'intensité horizontale, en outre, plus de 300 valeurs de la variation des éléments magnétiques ont été obtenues au Cerro-Negro (Chili) pendant que la Mission a stationné dans ces lieux. Ces observations présentent un tel caractère de précision que le Bureau, à l'unanimité, a décidé qu'elles seraient publiées dans ses *Annales*

Non seulement le Mémoire de M de Bernardières renferme tous les éléments nécessaires pour comparer ces déterminations avec celles qui auraient été faites dans d'autres pays, mais encore il constitue un excellent guide pour les officiers désireux de suivre cet exemple, et il leur épargnera les tâtonnements inevitables au début de recherches d'un genre nouveau pour les observateurs

Le Bureau des Longitudes est heureux de constater ainsi que ces études, dont se faisaient gloire autrefois nos marins, et qui semblaient depuis être tombées en oubli, sont reprises aujourd'hui avec un succès complet par les officiers de Marine, dont la Science apprécie toujours si hautement le concours.

FAYE,

Président du Bureau des Longitudes

DÉTERMINATIONS MAGNÉTIQUES

EFFICUILLÉ

PAR LA MISSION CHARGÉE DE L'OBSERVATION

DU PASSAGE DE VENUS AU CHILI,

ET DE LA MESURE DES DIFFÉRENCES DE LONGITUDE

SUR LA CÔTE OCCIDENTALE DE L'AMÉRIQUE DU SUD

L'étude si intéressante du magnétisme terrestre vient de recevoir en France, depuis ces dernières années, une nouvelle et vigoureuse impulsion, qui ne pourra manquer de produire de seconds résultats. Les Observatoires permanents se multiplient dans notre pays, et, par l'établissement temporaire que nous avons créé l'an dernier au cap Horn, nous prenons part aux travaux d'ensemble que plusieurs grandes puissances exécutent en ce moment dans les hautes latitudes boréales et australes. La Mission d'observation du passage de Vénus au Chili, tant par la position géographique de la contrée où elle allait s'établir que par le voyage qu'elle devait effectuer, avait la possibilité de concourir utilement à ces recherches entreprises simultanément dans différentes régions du globe. Aussi la Mission n'a-t-elle rien négligé pour emporter des instruments bien réglés et comparés fréquemment avec soin à ceux de nos Observatoires de Montsouris et de Saint-Maur.

Les déterminations ont commencé dès le départ de France et ont été poursuivies jusqu'au retour. Dans chaque relâche, on a disposé des quelques heures que le paquebot restait en rade pour prendre une série de mesures : il n'y a eu d'exception que pour un petit nombre de ports soumis à une quarantaine rigoureuse ou rendus inabordables par suite du mauvais temps. On a de même profité de tous les déplacements sur le continent américain.

pour déterminer de nouveaux points · c'est ainsi que l'on a effectuée des observations dans les Andes, en Araucanie, et dans la région si variée qui s'étend de Valparaiso à Buenos-Ayres et comprend la vallée centrale du Chili, la Cordillère et la Pampa. En résumé, les déterminations faites à l'étranger sont au nombre de 44 pour la déclinaison, de 36 pour l'inclinaison, de 41 pour l'intensité horizontale, s'étendant sur un ensemble de 34 lieux différents.

Les travaux magnétiques de la Mission ne se sont pas bornés à ces observations isolées · du 16 octobre au 23 décembre 1882, on a installé au Cerro-Negro, près de l'Observatoire établi pour le passage de Vénus, trois instruments que l'on a disposés pour fournir les variations des éléments magnétiques et que l'on a consultés régulièrement plusieurs fois par jour. Ces observations diurnes sont consignées dans le Chapitre V de ce Rapport, dont les quatre premiers Chapitres sont consacrés à la description des instruments et à leur mode d'emploi, et le dernier aux résultats qu'ils ont fournis dans les différents lieux visités.



DESCRIPTION

ET

MODE D'EMPLOI DES INSTRUMENTS.

La Mission avait à sa disposition

1° Une boussole de voyage de Brunner, obligeamment prêtée par le directeur de l'Observatoire météorologique de Montsouris, M. Marié-Davy, que les observateurs ne sauraient trop remercier pour son concours bienveillant et éclairé. Cet instrument fournit les trois éléments du magnétisme terrestre ;

2° Un théodolite-boussole de Hurlmann pour la mesure de la déclinaison ;

3° Une boussole d'inclinaison de Gambey ;

4° Une boussole d'oscillation

Ces trois derniers instruments appartiennent au Dépôt des Cartes et Plans de la Marine (1)

Chacune de ces boussoles sera désignée par le chiffre correspondant au numéro d'ordre qu'elle possède dans l'énumération précédente, et les notations données ci-après seront employées pour les différents éléments magnétiques dont il n'est pas inutile de rappeler les définitions (2).

Pour déterminer l'action magnétique de la Terre en un point, il faut mesurer la direction et l'intensité du champ, c'est-à-dire de la force qui

(1) M. Favereau a collaboré à ce Mémoire par la rédaction de la partie qui concerne ces trois instruments

(2) Ces notations et ces définitions sont empruntées aux *Conférences sur le magnétisme et l'électricité atmosphérique*, par M. E. MASCART, professeur au Collège de France, directeur du Bureau central météorologique, recueillies par M. Th. Moucaux, météorologiste-adjoint du Bureau central. — On renverra plusieurs fois le lecteur au travail de notre savant maître

s'exercerait sur une masse magnétique égale à $+1$ placée en ce point. La direction de cette force est celle que prendrait la ligne des pôles d'une aiguille aimantée, mobile dans tous les sens autour de son centre de gravité.

On appelle *méridien magnétique* en un lieu le plan vertical qui passe par la direction de la force magnétique terrestre.

La *déclinaison* D est l'angle que fait le méridien magnétique avec le méridien géographique, elle est *occidentale* lorsque le pôle nord d'un aimant mobile se place à l'ouest du méridien géographique qui passe par son milieu; elle est *orientale* si ce pôle nord se place à l'est du méridien.

L'*inclinaison* I est l'angle que fait la direction de la force terrestre avec sa projection sur le plan horizontal. Elle est *positive* quand elle est dirigée vers le bas, c'est-à-dire lorsque le pôle nord d'une aiguille libre se place au-dessous du plan horizontal passant par son milieu, et *négative* dans le cas contraire.

Ces deux éléments, déclinaison et inclinaison, suffisent pour déterminer la direction de la force magnétique terrestre.

Pour évaluer l'*intensité* T de cette force, on peut en déterminer deux composantes, l'une *horizontale* H , l'autre *verticale* Z . On a d'ailleurs les relations

$$\begin{aligned} H &= T \cos I, \\ Z &= T \sin I. \end{aligned}$$

Il suffit de déterminer deux de ces quantités pour en déduire les deux autres. Dans la pratique, on mesure directement l'inclinaison I et la composante horizontale H , au moyen desquelles on peut calculer la composante verticale et la force totale.



CHAPITRE I.

BOUSSOLE DE VOYAGE DE BRUNNER (1)

La boussole de voyage des frères Brunner a été construite en 1878 pour M Marié-Davy, dont le but a été de réaliser un instrument portatif fournissant avec une exactitude suffisante les trois éléments magnétiques. Cette boussole a été fréquemment employée dans le bassin de la Méditerranée (2), sur les côtes de l'Océan et sur le littoral nord ; elle a reçu depuis quelques modifications indiquées par l'expérience, et qui permettent d'obtenir l'intensité horizontale avec beaucoup plus de précision. La description succincte qui suit s'adapte à la boussole modifiée dont il a été fait usage par la Mission du Chili

La boussole de voyage de Brunner (*fig 1*) se compose, à la partie inférieure, d'un cercle-limbe horizontal A, porté par trois vis calantes, et d'un cercle mobile à deux verniers, réuni par son centre à l'axe de rotation vertical de l'instrument. A la partie supérieure, un cercle-limbe zénithal est fixé à l'axe de rotation, parallèlement à celui-ci, et comprend un cercle à deux verniers D, portant une lunette astronomique FF' et un microscope M liés parallèlement et invariablement l'un à l'autre. Le cercle alidade, la lunette et le microscope sont mobiles autour de l'axe horizontal du cercle zénithal. Les verniers de ce cercle donnent la minute, ceux du cercle azimutal donnent la demi-minute.

Outre les deux fils perpendiculaires, dont la croisée détermine l'axe optique de la lunette, on a placé dans le réticule quatre fils rectangulaires formant un carré destiné à encadrer le disque du Soleil. Dans le corps de la lunette, un réflecteur métallique, incliné à 45°, sert à l'éclairage du réticule dans les observations de nuit

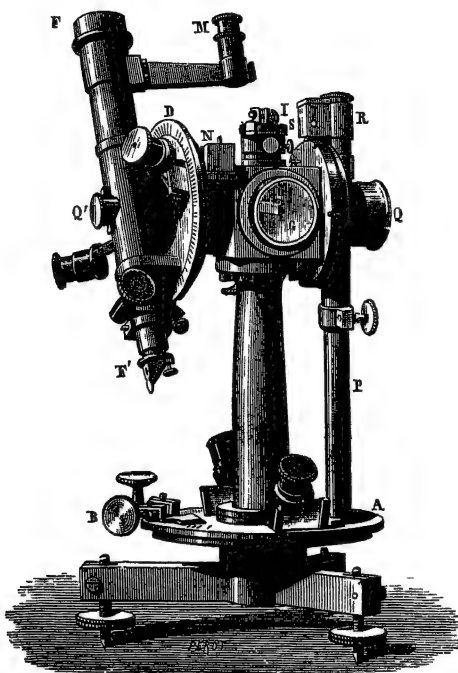
(1) *Annuaire de l'Observatoire de Montsouris pour l'an 1879*

(2) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 20 octobre 1879

L'oculaire du microscope porte à son foyer trois fils verticaux pour les pointés de l'aiguille aimantée

Perpendiculairement à l'axe du cercle zénithal est une caisse cylindrique horizontale G, en bronze, fermée à ses deux extrémités par des glaces circulaires, dont l'une est mobile et permet l'introduction ou la sortie de

Fig 1



l'aiguille aimantée Cette caisse est surmontée d'un tube termine à la partie supérieure par un tambour S, muni d'un petit treuil I, auquel est attache le fil de suspension de l'aiguille. Ce tambour peut prendre avec le treuil un mouvement de rotation sur lui-même En outre, quatre vis de réglage, opposées deux à deux, servent à corriger l'excentricité du point de suspension

L'aiguille est formée d'un barreau d'acier prismatique de $0^m,070$ de longueur, $0^m,005$ de hauteur, $0^m,001$ d'épaisseur A chacune de ses extrémités est incrusté un petit disque d'argent sur lequel est trace un trait vertical servant aux pointés Le barreau est enchâssé par son milieu dans une

monture en cuivre portant deux petits arrêts destinés à la fixer dans l'étrier du fil de suspension.

Un niveau N sert au calage de l'instrument

Un cylindre de fer doux, représenté en P, peut être ajouté pour la mesure de l'inclinaison, en outre, la boussole est disposée pour recevoir deux règles qui se fixent horizontalement dans des directions diamétralement opposées, l'une en Q, l'autre en Q', et qui sont employées pour la recherche de la composante horizontale de l'intensité

Détermination de la déclinaison.

Cette opération consiste, comme avec toutes les boussoles, à chercher l'angle formé sur le limbe horizontal par la trace du méridien géographique et par la trace du méridien magnétique.

Le trépied, à pointes et à vis de serrage en cuivre, étant placé dans le lieu choisi, la boussole de voyage est fixée à la vis centrale de la plate-forme du trépied, et l'on établit la verticalité de l'axe de l'instrument au moyen du niveau. On cherche ensuite la trace de l'horizon sur le cercle zenithal et l'on s'assure que l'axe optique de la lunette est bien parallèle au plan de ce cercle

La direction du méridien terrestre s'obtient par différents procédés astronomiques : le plus simple est d'observer le Soleil autant que possible dans le voisinage du premier vertical. On suit l'image du Soleil à l'aide des vis de rappel des deux cercles gradués, jusqu'au moment où le bord de l'astre est à égale distance des côtés du carré formé par les fils. La correction des demi-diamètres est ainsi évitée, et l'on obtient de suite la hauteur du centre de l'astre et la trace de son vertical. On fait généralement cinq ou six pointes sans changer la position du cercle par rapport à l'observateur, et cinq ou six pointes dans la position inverse, en vérifiant à chacune des positions la visée au point de repère pour s'assurer que l'orientation de l'instrument n'a pas changé. Si le niveau varie un peu, on ramène chaque fois la bulle au milieu du tube au moyen des vis calantes

L'heure locale et la longitude étant connues à quelques minutes près,

la relation

$$(1) \quad \cos \frac{Z}{2} = \sqrt{\frac{\cos s \cos(s-d)}{\cos h \cos l}}$$

permet de calculer l'azimut du Soleil

En prenant pour trace du méridien terrestre la moyenne des résultats obtenus, cercle à droite et cercle à gauche, on élimine l'influence des erreurs instrumentales qui peuvent encore subsister. La division du limbe azimutal qui correspond à cette trace est donnée dans le Chapitre VI, au Tableau des déclinaisons, sous le titre : *Relèvements du nord vrai* on l'obtient par la combinaison de la valeur de l'azimut Z , calculé par la formule (1), et de la lecture du cercle azimutal qui repère la trace du vertical du Soleil, pour cette valeur de Z .

Quand on possède un compteur réglé et que le Soleil est dans les environs du méridien ou trop près de l'horizon, il est préférable de noter l'heure de chaque pointé. Au moyen des analogies de Neper,

$$(2) \quad \begin{cases} \operatorname{tang} \frac{1}{2}(Z+Q) = \cot \frac{1}{2}P \frac{\cos \frac{1}{2}(d-c)}{\cos \frac{1}{2}(d+c)}, \\ \operatorname{tang} \frac{1}{2}(Z-Q) = \cot \frac{1}{2}P \frac{\sin \frac{1}{2}(d-c)}{\sin \frac{1}{2}(d+c)}, \end{cases}$$

dans lesquelles

Q est un angle auxiliaire,

P l'angle au pôle,

d la distance polaire,

c la colatitude,

on obtient Z d'une façon indépendante des hauteurs,

La détermination du méridien magnétique exige diverses précautions, dont la première est de s'assurer que le fil de suspension du barreau n'est doué d'aucune force de torsion capable d'écarter l'aiguille au tant que de la direction que le magnétisme terrestre lui assigne. On s'en assure en substituant à l'aimant un barreau en cuivre de même poids, et en tournant le treuil de suspension jusqu'à ce que le barreau de cuivre se maintienne dans l'axe du microscope. La division du tambour correspondant à l'index de

la monture est le *zéro de torsion*. Cette position peut varier un peu avec l'état hygrométrique et la température, il faut la vérifier de temps en temps, et la rectifier quand il y a lieu. Il est important de noter que, dans toutes les opérations qui seront énumérées, les pointes sur le barreau aimanté se font suivant l'axe du microscope, c'est-à-dire dans le plan du zéro de torsion.

Le fil de suspension doit être aussi fin que possible. Les fils de soie employés sont d'abord traités par l'eau de savon bouillante, puis tendus parallèlement, chacun par un poids distinct, on les relie ensuite en un seul faisceau en conservant leur parallélisme, et le tout est enduit de suif. Les fils ainsi préparés n'ont qu'une force de torsion très faible. La suspension, formée de deux fils simples seulement, a résisté pendant toute la campagne.

Le barreau aimanté reposant dans son étrier et les fils verticaux étant au foyer de l'oculaire, on doit voir nettement le petit trait vertical des deux disques d'argent, sinon il faut agir sur les vis de réglage Nord et Sud du treuil pour arriver à ce résultat. On lit ensuite sur le cercle azimutal les positions du vernier correspondant au pointé du fil central du microscope sur chacun des repères; on fait la moyenne des deux lectures, et l'on corrige l'erreur d'excentricité au moyen des vis de réglage Est et Ouest du treuil. Enfin, le microscope étant horizontal, on règle, à l'aide du treuil, la hauteur du fil de suspension, de telle sorte que l'axe de l'aiguille se trouve approximativement dans le prolongement de l'axe du microscope repère par un fil horizontal placé au foyer de l'oculaire.

Ces rectifications étant achevées, il n'y a plus qu'à pointer successivement le microscope sur chacune des extrémités du barreau. On fait à chaque pointe la lecture du vernier sur le cercle horizontal et l'on prend la moyenne des deux lectures. On corrige ainsi l'excentricité de l'aiguille que les vis de calage n'auraient pas fait disparaître entièrement et l'excentricité du microscope. La moyenne obtenue donne la direction de la ligne des repères du barreau, ligne qui peut sensiblement s'écarter du méridien magnétique. On retourne ensuite le barreau sur lui-même, et l'on pointe de nouveau le microscope sur les deux repères. La demi-somme des moyennes donne finalement la direction moyenne vraie de l'axe magnétique du barreau. On fait généralement deux doubles lectures avant le retournement et deux après.

La boussole étant placée très près d'une aiguille de déclinaison ne change pas la direction de celle-ci; on en conclut que le métal de l'instrument ne contient aucune trace de fer. D'ailleurs, lorsqu'on détermine la direction du méridien magnétique dans les deux positions successives, cercle zénithal à l'est du pivot de l'instrument et cercle zénithal à l'ouest de ce pivot, les lectures effectuées sur le cercle azimutal sont toujours concordantes; il suffit par suite d'opérer dans une seule position de l'instrument.

La trace du méridien magnétique a été successivement déterminée avec chacune des deux aiguilles que possède la boussole; elle est fournie dans le Tableau des *déclinaisons*, sous le titre : *Relèvements du Nord magnétique*.

Il est quelquefois assez difficile de maintenir l'aiguille en repos quand il y a du vent ou lorsque le sol n'est pas suffisamment stable. Il faut alors opérer quand le barreau oscille; on l'amène dans une position telle que l'amplitude de l'oscillation soit la même des deux côtés de l'axe du microscope. Cependant, à cause du peu de longueur de l'aiguille, les pointés sont moins précis pendant l'oscillation: aussi la caisse G est-elle munie d'un arrêt mobile à vis qui sert à ramener l'aiguille au repos.

A la fin des opérations, on vise de nouveau le point éloigné qui sert de mire.

L'exemple ci-après est extrait du cahier de réduction. Des exemples analogues seront fournis plus loin pour la détermination de l'inclinaison et de la composante horizontale de l'intensité.

STATION DE MONTEVIDEO (URUGUAY)

7 août 1882, après midi

(Boussole de voyage de Brunner)

*Détermination de la déclinaison*Fond de la baie de Montevideo entre le chemin de fer del Norte, à 150^m du bord de la mer

Latitude	34° 53' Sud	Relèvements	Tour Sud-Est de la cathédrale	114° 6'
Longitude	3 ^h 54 ^m , 2 Ouest		Phare (sommet du fort du Cerro)	192° 6'

Terrain sablonneux, quelques herbes, ciel découvert, jolie brise de Sud-Ouest	Température	θ	19°
	Baromètre	B	761 ^{mm}
	Altitude	z	3 ^m

Recherche du méridien terrestre(Observations du Soleil de 3^h 15^m à 3^h 25^m)

Observé six hauteurs, cercle zénithal à droite, six hauteurs, cercle zénithal à gauche
Moyenne, relevement du Nord vrai 297° 21', 0

*Recherche du méridien magnétique*Cercle zénithal dans l'Est, tambour 34^p, 4

Aiguille n° 2 de 3 ^h 35 ^m à 3 ^h 45 ^m				Aiguille n° 1 de 3 ^h 55 ^m à 4 ^h 05 ^m			
Marque de l'aiguille				Marque de l'aiguille			
dessus		dessous		dessus		dessous	
Nord	305° 35', 0	Nord	305° 32', 0	Nord	305° 34', 3	Nord	305° 35', 0
Sud	125 34, 5	Sud	125 34, 5	Sud	125 34, 7	Sud	125 36, 0
Nord	305 35, 0	Nord	305 33, 3	Nord	305 34, 5	Nord	305 35, 0
Sud	125 35, 0	Sud	125 34, 5	Sud	125 34, 5	Sud	125 36, 0
	305 34, 9		305 33, 6		305 34, 5		305 35, 5
Relèvement du Nord magnét		305 34, 2		305 35, 0			
Relèvement du Nord vrai		297 21, 0		297 21, 0			
Déclinaison Est		8° 13', 2 à 3 ^h 40 ^m		8° 14', 0 à 4 ^h 0 ^m			

Une deuxième mesure effectuée avec l'aiguille n° 2 a donné 8° 13', 6 à 4^h 30^m

La détermination indirecte de la trace du méridien magnétique (p 397) a fourni pour relevement du Nord magnétique 305° 35', 5 à 4^h 20^m

Détermination de l'inclinaison

La boussole de voyage ne fournit pas directement l'inclinaison

La mesure de cet élément est basée, comme dans le théodolite magnétique de Lamont, sur l'emploi d'un phénomène d'influence. On fait usage d'un cylindre de fer doux P, enveloppé de laiton et pouvant s'introduire dans une douille à baïonnette R, fixée à l'opposé du cercle limbe zenithal, et participant également à la rotation de l'instrument autour de l'axe vertical. La douille et le cylindre de fer doux peuvent en outre tourner autour d'un axe Q situé dans le plan horizontal passant par le centre de l'aiguille, et se fixer au moyen d'un arrêt à ressort dans les quatre positions rectangulaires suivantes : *vertical bas*, *horizontal nord*, *vertical haut*, *horizontal sud*, selon que l'extrémité libre du cylindre de fer doux est tournée vers le bas, vers le Nord, vers le haut ou vers le Sud.

Si l'on suppose d'abord le cylindre placé verticalement et dirigé vers le bas, il s'aimante proportionnellement à l'intensité de la composante verticale de la force magnétique terrestre. Si A est une constante dépendant de la nature du fer et de ses dimensions, l'aimantation sera $AT \sin I$.

Le cylindre ainsi aimanté produira sur le barreau une déviation α qu'on mesure en pointant le trait central du microscope sur les repères du barreau, et en faisant la lecture sur le limbe azimutal, comme pour la détermination du méridien magnétique.

L'action du cylindre sur le barreau aimanté sera $NAT \sin I$, N étant une autre constante dépendant du barreau, de sa distance au cylindre et de l'écartement des pôles de ce cylindre.

Si l'on désigne par M le moment magnétique du barreau, sa force directrice aura pour expression $MT \cos I \sin \alpha$; on aura donc la première égalité

$$(1) \quad NAT \sin I = MT \cos I \sin \alpha,$$

d'où

$$\tan I = \frac{M}{NA} \sin \alpha$$

Plaçant maintenant le cylindre P dans une position horizontale, il s'ai-

mantera proportionnellement à l'intensité de la composante horizontale de la force magnétique terrestre et produira une autre déviation sur le barreau, soit β cette déviation. Comme on ramène toujours l'axe du microscope sur les repères, le cylindre sera aussi écarté du méridien de l'angle β . La composante horizontale de la force terrestre qui agit sur lui sera donc $T \cos I \cos \beta$ ⁽¹⁾; son degré d'aimantation sera $AT \cos I \cos \beta$, et son action sur le barreau sera $N'AT \cos I \cos \beta$, N' différant de N par suite du changement de position relative des pôles. D'autre part, la force directrice du barreau aimanté sera $MT \cos I \sin \beta$, et l'on aura

$$N'AT \cos I \cos \beta = MT \cos I \sin \beta$$

Simplifiant et combinant avec (1), on obtient

$$\tan I = \frac{N'}{N} \frac{\sin \alpha}{\tan \beta}$$

Voici comment on opère.

La déviation étant mesurée dans la position *vertical bas* du cylindre, par exemple, par la lecture a , on fait tourner la douille de 90° , de manière à diriger l'extrémité libre du cylindre vers le Nord, ce qui produit une déviation mesurée par la lecture b . On effectue une nouvelle rotation de 90° , dans le même sens, le cylindre prend la position *vertical haut* et soit a' la lecture correspondante. Continuant à faire tourner d'une même quantité, on obtient une autre déviation et une lecture b' dans la position *horizontal sud*, après laquelle on revient successivement, par une rotation en sens contraire, aux positions *vertical haut*, *horizontal nord*, *vertical bas* fournissant les lectures respectives a'' , b'' , a''' .

Il est évident que, si le métal du cylindre était parfaitement homogène, le fer complètement doux, le cylindre étant supposé d'ailleurs reprendre identiquement la même position après la rotation, et la valeur de la déclinaison

(1) Cette formule suppose que l'aimantation du fer doux se fait exactement suivant l'axe du barreau, ce qui n'est pas rigoureusement vrai. L'axe polaire du nouvel aimant se rapproche toujours plus ou moins de la diagonale et forme avec le méridien un angle plus petit que β . La correction par β n'est donc qu'approchée, aussi ne convient-elle que pour des inclinaisons peu différentes et le coefficient B , comme on le verra plus loin, change avec la latitude.

naison restant constante, ainsi que la température, on aurait $\alpha''' = \alpha$, $\alpha'' = \alpha'$, $b'' = b$. Dans la pratique, ces conditions multiples ne sont jamais entièrement réalisées; de là diverses causes d'erreurs, que l'on atténue, autant que possible, par les précautions suivantes.

L'extrémité du cylindre que l'on engage dans la douille est toujours la même, et l'on suit une règle uniforme dans l'ordre des positions successives qu'on lui fait occuper. La rapidité de l'opération ne doit pas être telle que le cylindre, dans chaque position nouvelle, n'ait pas le temps de prendre son équilibre magnétique; il faut, de plus, tenir compte que, par suite de son inertie magnétique, le fer doux, lorsqu'il est ramené à une position dont il avait été écarté, peut ne pas retrouver exactement le même degré d'aimantation. L'ordre suivi dans les opérations est celui qui a été indiqué précédemment.

Si l'on pose

$$\alpha = \frac{(\alpha + \alpha''') - (\alpha' + \alpha'')}{4},$$

$$\beta = \frac{(b + b'') - 2b'}{4},$$

$$\frac{N'}{N} = B;$$

on a

$$\text{tang } I = B \frac{\sin \alpha}{\text{tang } \beta}$$

Ce mode d'opérer a surtout pour objet d'éliminer les variations de déclinaison qui fausseraient les valeurs de α et de β et par suite celle de I ; elles sont plus à craindre que les changements dans la température du cylindre P . Cependant, si cette température variait sensiblement, il faudrait faire suivre les deux séries de lectures précédentes d'une nouvelle détermination de la valeur de α .

Il suffit généralement de faire un ou deux points des deux extrémités du barreau dans chaque position du cylindre.

Détermination du coefficient B

Le coefficient B s'obtient au moyen de la relation

$$B = \tan I \frac{\tan \beta}{\sin \alpha},$$

dans les stations où l'on peut effectuer des observations comparatives de la boussole de voyage et d'une boussole d'inclinaison donnant directement la valeur de I. Il est nécessaire de répéter les déterminations plusieurs fois et dans les lieux correspondant aux inclinaisons moyennes et extrêmes de la région où l'on est appelé à opérer.

La relation précédente montre que l'instrument est dans des conditions défavorables pour fournir le coefficient B et l'inclinaison I lorsque les valeurs de α ou de β sont très faibles.

Le Tableau de la page suivante donne les valeurs trouvées pour B, ainsi que les éléments qui ont servi à les calculer.

En 1879, la valeur de B, déterminée par une série d'observations effectuées sur le pilier de l'escarpe du bastion n° 82, situé dans le sud du parc de Montsouris, a été trouvée égale à 1,263. La moyenne des valeurs obtenues en 1882 et en 1883 sur le même pilier et à l'Observatoire magnétique du parc de Saint-Maur est de 1,259, nombre presque identique au précédent.

Il a été rationnel d'adopter la valeur $B = 1,214$ pour toutes les mesures effectuées sur le continent américain entre les lignes isocliniques de 30° et de 40° sud.

Valeurs du coefficient B.

STATIONS	DATES	HEURES		POSITION de l'instrument	TEMPERATURE de l'air ambiant θ	VALEURS moyennes de I mesurées au moyen de la boussole III	DEVIATIONS		VALEURS	
		temps moyen local	temps moyen de Paris				α	β	calculées de B	adoptées de B
Parc de St-Maur (France)	1882-26 juin	^h 4,8 S	^h 4,8 S	E	⁰ 21	⁰ 65 24,5 N	⁰ 21 13,2	⁰ 11 53,2	1,271	
	1882-27 juin	11,7 M	11,7 M	O	18	65 25,2 N	21 20,9	11 57,6	1,272	1,266
	1882-27 juin	2,3 S	2,3 S	O	19	65 25,7 N	21 21,2	11 48,8	1,257	
	1882- 7 août	4,8 S	4,8 S	E	18	29 19,7 S	5 15,6	11 9,4	1,207	
Montevideo (Uruguay)	1882-19 août	0,8 S	0,8 S	O	17	37 58,1 S	7 11,7	11 7,2	1,224	1,214
	1882-30 août	11,4 M	11,4 M	O	16	33 27,2 S	6 6,2	11 7,9	1,223	
	1882-23 oct	10,2 M	10,2 M	O	19	33 49,3 S	6 18,8	11 12,4	1,207	
	1882-26 nov	9,3 M	9,3 M	O	21	33 48,3 S	6 13,7	11 4,9	1,209	
Cerro-Negro (Chili)	1883- 2 juin	2,0 S	2,0 S	E	22	65 26,3 N	21 2,3	11 45,1	1,267	
	1883- 2 juin	3,4 S	3,4 S	E	22		21 2,1	11 35,2	1,250	
	1883- 5 juin	11,3 M	11,3 M	O	26		21 4,2	11 36,0	1,245	1,253
	1883- 5 juin	1,8 S	1,8 S	O	26	65 22,0 N	21 1,1	11 35,6	1,247	
Parc de St-Maur (France)	1883- 5 juin	3,7 S	3,7 S	E	27		20 58,0	11 39,1	1,257	
	1883-12 juillet	4,5 S	4,5 S	O	27		21 4,3	11 34,6	1,248	
	1883-12 août	9,5 M	9,5 M	O	18	65 28,2	20 53,3	11 33,7	1,257	1,257
	1883-12 août	10,0 M	10,0 M	E	19		20 57,2	11 41 0	1,267	

STATION DE TALCAHUANO (CHILI)

19 août 1882, après midi

(Boussole de voyage de Brunner)

*Determination de l'inclinaison*Colline au-dessus de la gare du chemin de fer, à 500^m de cette gare

Latit 36° 42' Sud	Relevé- { Clocher de l'église	332° 25'	Nord magnétique 21° 47'
Long 5 ^h 1 ^m ,7 Ouest	ments { Mât de pavillon de l'hôpital	346° 32'	

Terrain gazonné avec quelques arbustes, Soleil par intervalles, presque calme	{	Température	θ	17°
		Baromètre	B	766 ^{mm}
		Altitude	ε	50 ^m

*Mesure des deviations de 0^h 45^m à 1^h 15^m*Cercle zénithal dans l'Ouest Tambour 34^p,4 Aiguille n° 2, marque dessus Extrémité marquée du cylindre de fer doux à l'opposé de la douille

	Vertical bas	Horiz nord	Vertical haut	Horizontal sud	Vertical haut	Horiz nord	Vertical bas
N	14° 1',0	32° 1',2	28° 32',7	9° 45',0	28° 16',7	31° 57',0	14° 1',5
S	193 59,0	211 58,7	208 29,5	189 42,2	208 14,2	211 54,5	193 58,0
N	14 1,5	32 2,2	28 31,5	9 45,2	28 17,5	31 57,0	14 1,0
α	= 14 00,1	b = 32 00,2	α' = 28 30,8	b' = 9 43,6	α'' = 28 15,6	b'' = 31 55,7	α''' = 13 59,6

$$\alpha = \frac{(\alpha + \alpha''') - (\alpha' + \alpha'')}{1} = 7^{\circ} 11',7, \quad \beta = \frac{(b + b'') - 2b'}{4} = 11^{\circ} 07',2$$

Adoptant la valeur B = 1,214, on a

$$\tan I = 1,214 \frac{\sin 7^{\circ} 11',7}{\tan 11^{\circ} 07',2},$$

$$I = 37^{\circ} 43 \text{ Sud}$$

Determination de l'intensité horizontale

1° Méthode des oscillations

Si, sur différents points de la Terre, on fait osciller horizontalement une même aiguille aimantée suspendue à un fil sans torsion, et si l'on détermine en chaque lieu le nombre d'oscillations effectuées dans un temps donné, on peut prendre pour mesure des forces horizontales H les carrés de ces nombres d'oscillations. Cette force horizontale est, en effet, analogue à celle de la pesanteur agissant sur un pendule en mouvement.

En désignant par

t la durée d'une oscillation simple dans un lieu donné,

k^2 le moment d'inertie de l'aiguille,

M son moment magnétique,

on a

$$t = \pi \sqrt{\frac{k^2}{HM}}$$

ou

$$(1) \quad HM = \frac{\pi^2 k^2}{t^2}$$

Si l'on fait osciller le même barreau dans un autre lieu où la composante horizontale a une valeur différente H' , on a de même

$$H'M = \frac{\pi^2 k^2}{t'^2}, \quad \text{d'où} \quad \frac{H}{H'} = \frac{t'^2}{t^2},$$

H ayant été mesuré par exemple dans le premier lieu, au moyen d'une détermination absolue, on aura

$$H' = \frac{H t^2}{t'^2}$$

Le barreau aimanté étant placé dans l'étrier du fil de suspension et ayant pris la direction du méridien magnétique, on fait tourner l'appareil jusqu'à ce que le fil central du microscope soit pointé sur les repères, et l'on donne un léger mouvement d'oscillation à l'aiguille qui fait des excursions égales de chaque côté du fil. Se mettant alors en observation, on compte zéro et

l'on note la seconde et la fraction de seconde qui correspondent au moment où l'extrémité de l'aiguille que l'on observe passe devant le fil central, et l'on compte 1, 2, 3, . . . à chaque retour consécutif de l'aiguille devant ce même point du reticule, soit qu'elle vienne de l'Est, soit qu'elle vienne de l'Ouest, en donnant un top de vingt en vingt oscillations par exemple. On s'arrête généralement au nombre cent. Après avoir compté vingt oscillations, on peut se dispenser de compter une à une les suivantes en calculant approximativement, à l'aide de la durée totale de ces vingt premières, les époques de la quarantième, de la soixantième, etc., et en ne se mettant en observation qu'aux approches de ces époques.

S'il y a quelques divergences dans les valeurs obtenues par les différents groupes, on recommence jusqu'à ce que l'on obtienne une valeur très précise de la durée moyenne t d'une oscillation.

Plusieurs causes peuvent altérer la valeur de t

1° La force de torsion du fil de suspension,

2° L'amplitude des oscillations qui doit être assez petite pour qu'il n'y ait pas lieu d'appliquer de correction à la formule précédente, rigoureuse seulement pour des oscillations infiniment petites,

3° Les changements de température qui font varier le moment d'inertie k^2 de l'aiguille et surtout son moment magnétique M . Il en résulte que, si les températures du barreau sont différentes dans les deux stations, il peut être nécessaire, pour les rendre comparables, d'appliquer une correction déterminée par l'expérience.

La recherche du coefficient de température n'a été faite que pour les aiguilles de la boussole IV. La construction de la boussole de voyage, qui permet de conserver à l'aiguille d'oscillation placée dans sa cage une température très voisine de celle de l'air ambiant, et les conditions dans lesquelles se sont effectuées les observations ont permis de négliger la correction relative à la température. On a pu de même ne pas tenir compte de la force presque nulle de torsion, ainsi que de l'amplitude des oscillations qu'on a toujours maintenues dans les environs des fils du reticule.

La valeur de la composante horizontale H n'a été mesurée au moyen de la seule méthode des oscillations que dans quelques stations où le temps a manqué pour effectuer une observation absolue. Cette méthode a l'inconvénient de supposer que le moment magnétique M de l'aiguille reste con-

stant, ou du moins qu'il ne varie que sous l'influence de la température. L'expérience prouve qu'il n'en est pas toujours ainsi, surtout avec les aiguilles nouvellement aimantées. Dans ce cas, la nécessité s'impose de mesurer H avec une boussole d'intensité absolue qui permet d'éliminer tous les changements accidentels pouvant se produire dans la valeur de M .

2° Méthode de Gauss

La boussole de voyage est disposée pour recevoir deux règles horizontales semblables, que l'on fixe, l'une en Q , l'autre en Q' , sur une même ligne perpendiculaire à la direction de l'axe du microscope, et par suite à celle de l'aiguille suspendue dans la cage. Chacune d'elles porte deux étriers fixes, placés symétriquement par rapport à l'étrier mobile de la cage, aux distances R et R' et destinés à supporter le barreau déviant. Si l'on suppose celui-ci placé sur la règle Q à la distance R par exemple, l'aiguille, qui était dirigée suivant le méridien magnétique, sera déviée : soit δ_1 , cette déviation, que l'on mesure comme toujours en ramenant l'axe du microscope sur les repères et en faisant la lecture sur le cercle azimutal. Les deux barreaux sont dans des directions perpendiculaires : c'est le procédé de Gauss. L'aiguille déviante est retournée bout pour bout et l'on mesure la nouvelle déviation δ_2 qui se produit en sens inverse. Généralement δ_1 diffère un peu de δ_2 , à cause du petit défaut de centrage de l'axe magnétique du barreau sur l'étrier. Cette erreur s'élimine dans la moyenne $\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}$.

Faisant abstraction de certains termes, dont l'influence est négligeable dans le cas actuel ⁽¹⁾, on peut mettre l'équation d'équilibre sous la forme simplifiée

$$(2) \quad \frac{H}{M} = \frac{2}{R^3 \sin \delta} \left(1 + \frac{a}{R^2} \right)$$

L'opération étant répétée dans les mêmes conditions et sur la même règle, à la distance R' , on obtient la déviation δ' et l'équation

$$(3) \quad \frac{H}{M} = \frac{2}{R'^3 \sin \delta'} \left(1 + \frac{a}{R'^2} \right),$$

⁽¹⁾ *Conferences de M. Mascart*

qui, combinée avec (1), donne

$$(4) \quad \frac{a}{R^2} = \frac{\left(\frac{R}{R'}\right)^2 \frac{\sin \delta}{\sin \delta'} - 1}{1 - \left(\frac{R}{R'}\right)^2 \left(\frac{R}{R'}\right)^2 \frac{\sin \delta}{\sin \delta'}}$$

Il suffit alors de remplacer $\frac{a}{R^2}$ par cette valeur dans l'équation (2) qui fournit le rapport $\frac{H}{M}$

Si l'axe du théodolite n'est pas parfaitement vertical, les distances mesurées R et R' du fil de suspension au milieu des étriers fixes ne demeurent pas constantes. C'est pour remédier à cette cause d'erreur que l'on établit en Q' une seconde règle destinée à répéter les mêmes opérations.

Dès lors, si l'on désigne par 2R et par 2R' les distances invariables qui séparent les milieux des étriers fixes, ce sont les demi-distances R et R' qui entrent dans les formules précédentes, et l'on prend la moyenne des déviations obtenues en plaçant le barreau déviant dans des positions symétriques à l'est et à l'ouest du barreau dévié.

L'ordre suivi dans ces observations croisées est arbitraire, le suivant a été constamment adopté pour la boussole de voyage, l'aiguille n° 2 étant le barreau dévié, l'aiguille n° 1 le barreau déviant :

1° ON'O, c'est-à-dire	Règle de l'Ouest	Distance R.	Pôle nord du barreau 1 à l'Ouest	Lecture d'_1
2° ONO,	»	» R	»	» d'_1
3° ENE,	» de l'Est	» R	» à l'Est	» d'_2
4° EN'E,	»	» R'	»	» d'_2
5° EN'O,	»	» R'	» à l'Ouest	» d'_3
6° ENO,	»	» R	»	» d'_3
7° ONE,	» de l'Ouest	» R	» à l'Est	» d'_4
8° ON'E,	»	» R'	»	» d'_4

On a

$$\delta = \frac{(d_1 + d_3) - (d_2 + d_4)}{4},$$

$$\delta' = \frac{(d'_1 + d'_3) - (d'_2 + d'_4)}{4}.$$

Il faut remarquer que les moyennes $(d'_1 + d'_3)$, $(d_1 + d_3)$, $(d'_2 + d'_4)$, $(d_2 + d_4)$ ont toujours donné avec précision la trace du méridien magnétique que l'on détermine directement par des pointés sur l'aiguille n° 2.

La valeur du rapport $\frac{H}{M}$ étant ainsi fournie par l'équation (2), on obtient, en la combinant avec la valeur du produit HM déduite de la méthode des oscillations [équation (1)],

$$H^2 = \frac{2\pi^2 k^2}{t^2 R^3 \sin \delta} \left(1 + \frac{a}{R^2}\right),$$

d'où

$$(5) \quad H = \frac{\pi k}{R} \frac{1}{t} \sqrt{\frac{2}{R \sin \delta} \left(1 + \frac{a}{R^2}\right)}$$

R et R' ayant été très exactement mesurés, le terme $\frac{a}{R^2}$ étant d'ailleurs obtenu au moyen de (4), l'équation précédente, qui permet de calculer la valeur de la composante horizontale H, ne contient plus que la seule inconnue k, racine carrée du moment d'inertie dont on va déterminer la valeur.

Recherche du moment d'inertie K^2 du barreau n° 1 et de l'étrier de suspension

La monture en cuivre, dans laquelle est enchâssé le barreau n° 1, n'ayant pas une forme géométrique définie permettant le calcul direct du moment d'inertie du barreau et de son étrier, il a fallu déterminer cette quantité par l'expérience. A cet effet, on a employé un système auxiliaire composé de deux parallélépipèdes creux en cuivre, semblables de forme, autant que possible égaux de poids et pouvant s'ajuster exactement sur les extrémités de l'aiguille.

K^2 étant le moment d'inertie cherché de l'aiguille et de son étrier;

K'^2 le moment d'inertie des deux pièces additionnelles,

t la durée de l'oscillation de l'aiguille seule;

t' la durée de l'oscillation de l'aiguille chargée de ses deux pièces additionnelles

On a

$$t = \pi \sqrt{\frac{K^2}{HM}},$$

$$t' = \pi \sqrt{\frac{K^2 + K'^2}{HM}},$$

d'où

$$K^2 = K'^2 \frac{t^2}{t'^2 - t^2}$$

Le problème se resume donc au calcul du moment d'inertie K'^2 des pièces additionnelles, qui ont reçu dans ce but une forme géométrique

Données numériques de l'expérience

Il faut rappeler, en commençant, que les unités employées sont celles du système C. G. S. adopté par le Congrès de Paris en 1881, c'est-à-dire que les longueurs sont exprimées en centimètres, le temps en secondes et que l'unité de masse est la masse du gramme. L'unité de force C. G. S., qui est la conséquence de ces trois unités fondamentales, est la force qui, agissant sur la masse d'un gramme, lui communiquerait en une seconde l'accélération d'un centimètre

L'introduction dans les calculs de la masse au lieu du poids a l'avantage d'obtenir des mesures numériques indépendantes de l'intensité particulière de la pesanteur du lieu d'observation.

Les dimensions qui suivent ont été prises très exactement dans les ateliers des frères Brunner au moyen d'un appareil spécial; les pesées ont été effectuées à l'Observatoire météorologique de Montsouris avec une balance de précision, enfin les durées t et t' ont été déterminées par un grand nombre de séries croisées de 100 oscillations, mesurées à l'aide d'un chronographe et d'une pendule

Soient

$2a = 7,002$ la longueur totale du barreau n° 1,

$2a' = 4,756$ la longueur du barreau en dedans des pièces additionnelles,

$2b = 0,2295$ la distance des faces verticales externes des pièces additionnelles;

$2b' = 0,1145$ l'épaisseur de l'aiguille (distance des faces verticales internes des pièces additionnelles),

$m_1 = 1,0955$ la masse de la pièce de cuivre qui remplit les deux cavités parallélépipédiques;

$m = 1,4022$ la masse des pièces creuses additionnelles,

$m_1 = 2,4977$ la masse des trois pièces de cuivre;

B

$t = 2,985$ la durée d'une oscillation de l'aiguille seule,

$t' = 4,083$ la durée d'une oscillation de l'aiguille chargée des pièces additionnelles.

Pour calculer le moment d'inertie K'^2 des pièces additionnelles, on a considéré les quatre parallélépipèdes rectangles suivants, que l'on suppose formes de même métal que les pièces additionnelles :

P parallélépipède ayant les dimensions extérieures des pièces additionnelles et la longueur $2a$ du barreau;

P' parallélépipède ayant les dimensions extérieures des pièces additionnelles et la longueur $2a'$;

p parallélépipède ayant les trois dimensions du barreau;

p' parallélépipède ayant deux dimensions du barreau et la longueur $2a'$ au lieu de $2a$

On voit facilement que les pièces additionnelles sont égales à

$$(P - P') - (p - p')$$

et que l'on a pour leur moment d'inertie

$$K'^2 = (\text{mom d'inertie de } P - \text{mom d'inertie de } P') - (\text{mom d'inertie de } p - \text{mom d'inertie de } p')$$

Chacun de ces quatre parallélépipèdes oscille autour d'un axe passant par son centre et parallèle aux arêtes verticales, le moment d'inertie de chacun d'eux a donc pour mesure $\frac{1}{12}$ de sa masse multipliée par la somme des carrés des deux dimensions perpendiculaires à l'axe de rotation

Soient X, X', x, x' les masses respectives de P, P', p, p' , on a évidemment

$$X = \frac{am_1}{a-a'}, \quad X' = \frac{a'm_1}{a-a'}, \quad x = \frac{am'_1}{a-a'}, \quad x' = \frac{a'm'_1}{a-a'},$$

et le moment d'inertie cherché est

$$\begin{aligned} K'^2 &= \frac{am_1}{3(a-a')} (a^2 + b^2) - \frac{a'm_1}{3(a-a')} (a'^2 + b^2) \\ &\quad - \frac{am'_1}{3(a-a')} (a^2 + b^2) + \frac{a'm'_1}{3(a-a')} (a'^2 + b^2). \end{aligned}$$

Effectuant les opérations et remarquant que $m_1 - m'_1 = m$, on a

$$K'^2 = \frac{1}{3} \left(m \frac{a^3 - a'^3}{a - a'} + m_1 b^2 - m'_1 b'^2 \right)$$

Le calcul de cette expression donne

$$K'^2 = 12,273,$$

d'où

$$K^2 = 14,091$$

Après vérification des mesures, c'est ce nombre qui a été adopté pour la valeur du moment d'inertie de l'aiguille n° 2 et de l'étrier

Avec la même machine des frères Brunner, on a pris les dimensions instrumentales suivantes, en pointant le fil de suspension et les deux extrémités de l'aiguille 1 placée successivement aux deux distances sur la règle de droite et sur la règle de gauche :

$$\left. \begin{array}{l} {}_2R = 28^{\text{cm}}, 626, \quad \text{d'où} \quad R = 14,313; \\ {}_2R' = 33^{\text{cm}}, 118, \quad \text{d'où} \quad R' = 16,559. \end{array} \right\} \text{Température } \theta = + 19^{\circ}.$$

On connaît maintenant tous les éléments qui entrent dans les formules (4) et (5) au moyen desquelles on obtient la valeur absolue de H

Ainsi qu'on l'a déjà dit, et comme on le montrera quand viendra la discussion du coefficient de température pour les aiguilles de la boussole IV, la variation de K^2 pour la température est négligeable; d'un autre côté, il n'y a pas lieu de tenir compte des variations que peut subir M, puisque ce facteur est éliminé dans les calculs. Pour le cas seulement où se produit un changement notable dans la température du barreau 1 entre les expériences d'oscillation et celles de déviation, il faut faire précéder et suivre ces dernières de la mesure de la durée d'une oscillation, et l'on adopte pour t la valeur moyenne. En opérant de la sorte, les résultats trouvés pour H ne sont plus entachés que des erreurs accidentelles d'observation.

STATION DE MONTEVIDEO (URUGUAY)

7 août 1882, après midi

(Boussole de voyage de Brunner)

Détermination de l'intensité horizontale

Fond de la baie de Montevideo, entre le chemin de fer del Norte et la plage,
à 150^m du bord de la mer

Latit 34° 53' S	Relève-	Tour Sud-Est de la cathédrale	114° 6'	Nord magné-
Long 3 ^h 54 ^m , 2 O	ments	Phare (sommet du fort du Cerro)	192° 6'	tique . 305° 35'

Terrain sablonneux, quelques herbes	Ciel découvert	Jolie brise de S-O	{	Température 0	18°
				Barometre B	761 ^{mm}
				Altitude ε	3 ^m

Cercle zénithal dans l'Est Tambour 34^p, 4 Aiguille déviante n° 1, marque dessus

Aiguille déviée n° 2, marque dessus

Mesure des déviations de 4^h 10^m à 4^h 30^m

	ON'O	ONO	ENE	EN'E
Nord	312° 45'	316° 32',5	291° 46',7	298° 32',5
Sud .	132 44	136 31,2	111 45,7	118 31,2
	$d'_1 = 312\ 44,5$	$d_1 = 316\ 31,8$	$d_2 = 294\ 46,2$	$d'_2 = 298\ 31,8$
	EN'O	ENO	ONF	ON'E
Nord .	312° 38',5	316° 22',5	291° 42',0	298° 28',0
Sud	132 37,5	136 21,8	111 41,5	118 27,5
	$d'_3 = 312\ 38,0$	$d_3 = 316\ 22,1$	$d_4 = 291\ 41,7$	$d'_4 = 298\ 27,7$
$\delta = \frac{(d_1 + d_3) - (d_2 + d_4)}{4} = 10^{\circ} 51', 5, \quad \delta' = \frac{(d'_1 + d'_3) - (d'_2 + d'_4)}{4} = 7^{\circ} 5', 7$				

Mesure des oscillations à 4^h 00^m et à 4^h 35^m

Durée moyenne de cent oscillations	{	Aiguille n° 1	261 ^s , 5,	d'où	$t = 2^s, 615,$
		Aiguille n° 2	253 ^s , 8,	d'où	$t' = 2^s, 538$

Calcul de H

$$H^2 = \frac{2\pi^2 l^2}{t^2 R^3 \sin \delta} \left(1 + \frac{a}{R^2} \right), \quad \frac{a}{R^2} = \frac{\left(\frac{R}{R'} \right)^3 \frac{\sin \delta}{\sin \delta'} - 1}{1 - \left(\frac{R}{R'} \right)^2 \left(\frac{R}{R'} \right)^4 \frac{\sin \delta}{\sin \delta'}}.$$

On trouve pour les termes constants les valeurs suivantes

$$\log \frac{2\pi^2 K^2}{R^3} = 8,97708, \quad \log \left(\frac{R}{R'} \right)^3 = 9,81009, \quad \log \left[\left(\frac{R}{R'} \right)^2 \left(\frac{R}{R'} \right)^3 \right] = 9,68348,$$

d où

$$H = 0,2636$$

Determination induite de la trace du meridian magnetique

$$\frac{d'_1 + d'_2}{2} = 305^\circ 36',1, \quad \frac{d'_2 + d'_3}{2} = 305^\circ 34',9, \quad \frac{d_1 + d_2}{2} = 305^\circ 36',7, \quad \frac{d_2 + d_3}{2} = 305^\circ 34',2$$

$$\text{Moyenne} \quad 305^\circ 35',5$$

$$\text{La determination directe (p 381) a donné} \quad 305^\circ 35',0$$

Énumération des déterminations effectuées.

Chaque fois que les circonstances l'ont permis, la boussole de voyage a été employée pour obtenir des résultats absolus. Ces résultats, comparés aux expériences simultanées d'oscillations effectuées avec les deux aiguilles de l'instrument et avec celles de la boussole IV, ont fourni des coefficients que l'on a pu utiliser pour calculer la valeur de H dans tous les cas où la méthode des oscillations a été seule praticable.

Le Tableau suivant renferme les déterminations absolues et les observations d'oscillations effectuées avec les aiguilles 1 et 2. H étant connu par les premières dans une station donnée, on peut calculer le produit Ht^2 pour chacune des aiguilles que l'on a fait osciller à la même époque dans la même station.

Les valeurs de Ht^2 ainsi obtenues devraient être constantes pour chaque aiguille dans les différents lieux si M ne subissait pas de variation. De la relation (1) on déduit en effet

$$Ht^2 = \frac{\pi^2 K^2}{M}$$

On groupe les différents résultats par époques correspondant à une valeur à peu près uniforme, et l'on en fait la moyenne par groupe. Cette valeur moyenne est adoptée pour le calcul de H pendant cette période de temps dans les lieux où l'on n'a fait que des mesures d'oscillations.

STATIONS	DATES	HEURES		POSITION de l'instrument	TEMPÉRATURE de l'air ambiant °	DETERMINAT	
		temps moyen local	temps moyen de Paris			DURÉE de l'oscillation de l'aiguille 1 t	DURÉE aiguille 1 de aiguille 2 d s
Parc de Saint-Maur (France)	1882-26 juin	11,8 M	11,8 M	F	20	3,079	17 37,0
	1882-26 juin	3,5 S	3,5 S	E	21	3,077	17 40,1
	1882-27 juin	10,3 M	10,3 M	O	18	3,054	17 40,7
	1882-27 juin	3,2 S	3,2 S	O	19	3,043	17 45,1
Lisbonne (Portugal)	1882-19 juillet	9,6 M	10,4 M	E	22	"	"
Saint-Vincent (1) Iles du cap Vert	1882-24 juillet	0,7 S	2,5 S	E	26	2,538	10 33,1
Rio-Janeiro (Brésil)	1882- 3 août	10,6 M	1,6 S	O	20	2,643	10 58,1
Montevideo (Uruguay)	1882- 7 août	4,2 S	8,1 S	E	18	2,615	10 51,1
Talcahuano (Chili)	1882-19 août	1,5 S	6,5 S	O	17	2,539	10 13,1
Santiago (Chili)	1882-30 août	10,6 M	3,5 S	E	15	2,545	10 16,2
Cerro-Negro (Chili)	1882-16 oct	11,5 M	4,4 S	O	25	"	"
	1882-23 oct	9,5 M	2,4 S	O	19	2,545	10 16,8
	1882-26 nov	8,0 M	0,9 S	O	21	2,546	10 17,3
Cauquenes (Chili)	1882-25 dec	5,1 S	10,0 S	O	23	"	"
Valparaíso (Chili)	1883- 2 fev	10,2 M	3,1 S	O	20	2,555	10 17,3
Angol (Chili, Araucanie)	1883-10 fev	10,7 M	3,7 S	E	22	2,534	10 06,6
Santiago (Chili)	1883- 1 mars	9,6 M	2,5 S	O	25	2,566	10 10,8
Santa-Rosa de los Andes (Chili)	1883- 7 mars	8,8 M	1,7 S	O	16	2,582	10 25,4
Puente de l'Inca (République Argentine)	1883- 9 mars	7,6 M	0,5 S	O	10	"	"
Punta de la Vaca (République Argentine)	1883- 9 mars	5,0 S	9,8 S	O	12	2,253	10 19,4
Mendoza (République Argentine)	1883-12 mars	11,0 M	3,7 S	E	21	2,570	10 20,5
Rio Cuarto (République Argentine)	1883-15 mars	4,5 S	8,9 S	O	19	"	"
Rosario (République Argentine)	1883-16 mars	2,2 S	6,4 S	O	28	2,611	10 31,1
Buenos-Ayres (République Argentine)	1883-21 mars	9,7 M	1,7 S	O	24	2,638	10 28,1
	1883-22 mars	4,8 S	8,8 S	O	26	2,638	10 27,7
	1883-23 mars	10,0 M	2,0 S	E	22	2,613	10 34,8
Parc de Saint-Maur (France)	1883- 2 juin	10,8 M	10,8 M	F	20	3,058	17 33,7
	1883- 2 juin	3,8 S	3,8 S	O	21	3,077	17 41,9
	1883- 5 juin	10,6 M	10,6 M	O	25	3,078	17 41,7
	1883- 5 juin	2,7 S	2,7 S	O	27	3,071	17 44,1
	1883- 5 juin	4,5 S	4,5 S	F	26	3,068	17 45,8

(1) Ile volcanique les valeurs trouvées sont spéciales au lieu même où les observations ont été effectuées

(1) Ile volcanique. Les valeurs trouvées sont spéciales au lieu même où les observations ont été effectuées.

VITESSES ABSOLUES			DETERMINATIONS PAR LA METHODE DES OSCILLATIONS							
Vitesse 1 minute 2 secondes	VITESSES du terme $\frac{v}{R}$	INTENSITES horizontales H	AIGUILLE 1				AIGUILLE 2			
			DURÉE de l'oscillation t	H ² calculé d'après les déterminations absolues	H ¹ adopté	H conclu	DURÉE de l'oscillation t'	H ² calculé d'après les déterminations absolues	H ¹ adopté	H conclu
31,9	0,0606	0,1949	»	1,812	»	»	»	»	»	»
33,9	0,0600	0,1947	»	1,808	»	»	2,943	1,687	»	»
34,2	0,0595	0,1943	»	1,812	»	»	2,945	1,685	»	»
37,3	0,0613	0,1943	»	1,800	»	»	2,938	1,677	»	»
»	»	»	2,820	»	1,807	0,2272	»	»	»	»
28,2	0,0608	0,1838	»	1,828	»	»	2,459	1,716	»	»
10,3	0,0593	0,2592	»	1,809	»	»	2,571	1,713	»	»
5,7	0,0567	0,2636	»	1,802	»	»	2,538	1,698	»	»
41,0	0,0595	0,2793	»	1,801	»	»	2,460	1,690	»	»
43,3	0,0600	0,2778	»	1,799	»	»	2,480	1,709	»	»
»	»	»	2,545	»	1,807	0,2789	2,567	»	1,826	0,2771
43,8	0,0615	0,2774	»	1,797	»	»	2,567	1,828	»	»
43,4	0,0563	0,2781	»	1,803	»	»	2,561	1,824	»	»
»	»	»	2,553	»	1,807	0,2772	2,575	»	1,827	0,2756
44,0	0,0615	0,2763	»	1,804	»	»	2,573	1,829	»	»
36,6	0,0573	0,2816	»	1,809	»	»	2,555	1,839	»	»
40,0	0,0634	0,2763	»	1,819	»	»	2,584	1,845	»	»
48,9	0,0582	0,2722	»	1,814	»	»	2,600	1,840	»	»
»	»	»	2,567	»	1,807	0,2742	2,595	»	1,851	0,2749
43,2	0,0573	0,2766	»	1,803	»	»	2,595	1,863	»	»
46,5	0,0650	0,2735	»	1,806	»	»	2,609	1,862	»	»
»	»	»	2,588	»	1,807	0,2698	2,620	»	1,873	0,2728
42,4	0,0553	0,2683	»	1,829	»	»	2,650	1,884	»	»
40,7	0,0563	0,2660	»	1,851	»	»	2,671	1,898	»	»
49,9	0,0540	0,2665	»	1,855	»	»	2,680	1,914	»	»
45,2	0,0598	0,2657	»	1,828	»	»	2,670	1,894	»	»
49,2	0,0563	0,2651	»	1,825	»	»	3,102	1,878	»	»
42,4	0,0573	0,2650	»	1,846	»	»	3,104	1,879	»	»
42,7	0,0573	0,2650	»	1,846	»	»	3,110	1,886	»	»
44,1	0,0600	0,2648	»	1,836	»	»	3,112	1,887	»	»
44,7	0,0600	0,2650	»	1,835	»	»	3,108	1,888	»	»

Les aiguilles 1 et 2 ont été aimantées à saturation par un courant, le 5 juin 1882, dans le laboratoire de Physique du Collège de France, l'aiguille 1 était neuve, l'aiguille 2 avait subi quelques réparations qui ont nécessité sa reaimantation. L'inspection des valeurs de Ht^2 met en évidence les variations que le temps a fait subir au moment magnétique de chacune de ces aiguilles.

On voit, par exemple, que pour l'aiguille 1, la valeur de Ht^2 , et par suite celle de M , est restée à peu près constante depuis le mois de juin 1882 jusqu'au milieu de mars 1883. Cette valeur moyenne est égale à 1,807; les petits écarts accidentels proviennent surtout des différences de température, M diminuant et par suite Ht^2 augmentant en même temps que θ augmente. Dans la période comprise entre le mois de mars 1883 et le mois de juin de la même année, l'aiguille 1 s'est désaimantée, et Ht^2 a pris une valeur moyenne égale à 1,837; d'où il résulte que, dans l'espace de 343 jours, le moment magnétique de l'aiguille 1 a diminué des 0,016 de sa valeur, la composante horizontale ayant d'ailleurs passé de 0,1946 à 0,1950 pendant le même laps de temps au parc de Saint-Maur ⁽¹⁾

L'aiguille n° 2, qui est restée suspendue dans le plan du méridien pendant plus de deux mois dans le but de fournir les variations de la déclinaison, a perdu graduellement une fraction beaucoup plus grande de son magnétisme. Pendant l'année considérée, la valeur de M a en effet diminué de 0,104. On peut juger par là combien il est important, lorsqu'on détermine H par la seule méthode des oscillations, de n'employer que des aiguilles aimantées de longue date et dans lesquelles le magnétisme ne s'affaiblit plus que dans une proportion très minime.

(1) Les valeurs de H fournies par une des boussoles de l'observation magnétique du parc de Saint-Maur sont plus faibles d'environ $\frac{1}{100}$ de ces valeurs. Cette légère différence provient sans doute de ce que les éléments qui ont servi au calcul des moments d'inertie des deux instruments n'ont pas été mesurés dans des conditions absolument identiques. Les déterminations ultérieures, effectuées à Saint-Maur au moyen d'instruments minutieusement étudiés, montreront s'il y a lieu d'appliquer un coefficient qui sera, dans tous les cas, très voisin de l'unité, aux valeurs de H obtenues par la boussole I.

Appréciation générale de l'instrument.

On a indiqué d'une manière succincte les principales causes d'inexactitude provenant des méthodes et de l'instrument. Il ne faut pas rechercher avec une boussole de voyage toute la précision qu'on ne peut atteindre qu'avec des instruments spéciaux, mais difficiles à transporter et délicats à manier. De tels instruments ne conviennent qu'à des déterminations effectuées dans des conditions toutes différentes de celles du marin et du voyageur, ceux-ci doivent opérer en effet simplement, rapidement et, si c'est possible, avec un instrument unique, essentiellement portatif, leur permettant de multiplier des observations qui peuvent comprendre de grandes étendues de pays.

Il résulte des expériences qui viennent d'être effectuées pour la première fois avec la boussole de voyage, dans des latitudes magnétiques très différentes, que le procédé employé pour mesurer l'inclinaison ne saurait convenir que dans certains cas particuliers et ne peut dispenser de l'emploi d'une boussole d'inclinaison absolue. D'un autre côté, les inconvénients des aiguilles d'inclinaison sont nombreux, ainsi qu'on le verra dans le Chapitre III. Le problème de la mesure de l'inclinaison n'est donc pas encore résolu d'une façon très pratique; il préoccupe les physiciens et les constructeurs et l'on peut espérer que l'on arrivera prochainement à une solution satisfaisante.

La mesure des deux autres composantes du magnétisme terrestre est plus facile à effectuer. Ainsi qu'on l'a exposé, la boussole de voyage fournit avec une exactitude très suffisante les valeurs de la déclinaison et de l'intensité horizontale, bien que les modifications apportées pour la recherche de ce dernier élément n'aient pas permis de mettre l'instrument dans les conditions les plus favorables, tant pour la longueur du fil de suspension que pour les distances des criers et les dimensions respectives des barreaux déviant et dévié. L'addition d'un éclairage pour les observations de nuit, bien supérieures aux observations de jour dans les pays chauds, et d'un thermomètre permettant de constater la température de la cage dans laquelle on place successivement le barreau d'oscillation et l'aiguille déviée compléterait utilement l'instrument.

Il convient d'ajouter, en terminant, que la boussole de voyage des frères Brunner constitue un excellent théodolite, aussi bien pour les observations terrestres que pour les observations astronomiques. Cette boussole est d'un maniement commode, d'une grande stabilité : elle réunit en un mot toutes les qualités qu'on est accoutumé à rencontrer dans les instruments qui sortent des ateliers de ces éminents artistes

CHAPITRE II.

THEODOLITE-BOUSSOLE (HURLIMANN N° 10)

Le théodolite-boussole du Dépôt de la Marine se compose d'un théodolite Lorieux petit modèle, d'une pièce additionnelle en bronze destinée à supporter la boîte qui contient l'aiguille, et d'une petite lentille convexe à très court foyer, qui, superposée à l'objectif de la lunette astronomique, la transforme en microscope. Cette disposition est due à M. l'Ingénieur hydrographe Bouquet de la Grye et réalise une amélioration très notable de l'ancien modèle muni d'une aiguille centrale. L'instrument, ainsi constitué, quoique n'échappant pas sans doute aux inconvénients inhérents à tout système à pivot, permet d'obtenir des résultats dont le degré d'approximation est presque équivalent à celui que fournit la grande boussole de déclinaison de Lorieux, dont le poids considérable rend l'usage si difficile.

Le théodolite Lorieux est trop connu pour qu'il soit besoin de le décrire ici : disons seulement que, dans le modèle adopté, les cercles d'azimut et de hauteur sont égaux, qu'ils ont environ 0^m,09 de diamètre, et que les verniers donnent la minute.

La mesure de la déclinaison, au moyen de cet instrument comme avec celui de Brunner, se compose de deux opérations tout à fait distinctes :

- 1° Détermination du méridien géographique,
- 2° Détermination du méridien magnétique.

On ne répétera pas ce qui a été dit de la première quand il s'est agi de la boussole de voyage (Chapitre I) et qui s'applique mot pour mot au présent instrument : on se bornera à décrire soigneusement la disposition accessoire qui sert à la détermination du méridien magnétique, à parler du réglage dont cette partie de l'instrument doit être l'objet, et des opérations qui permettent d'éliminer certaines des erreurs instrumentales qui peuvent subsister après un réglage imparfait ; on terminera enfin en détaillant la

marche qui a été suivie et la façon dont on a toujours opéré pour faire une détermination complète

Description de la pièce additionnelle.

Immédiatement au-dessous du cercle azimutal est un collier mobile, centré sur l'axe vertical, muni d'un côté d'un système de vis de pression et de rappel prenant appui sur le cercle azimutal, et terminé du côté opposé en forme de support. Sous ce support se place, et est maintenue par deux fortes vis, la boîte en bronze contenant l'aiguille. Cette boîte est donc mobile, mais son réglage, qui est délicat, est d'une grande importance, et il sera bon de ne la séparer de l'instrument que le plus rarement possible. Elle est fermée par un couvercle en bronze terminé par deux petites glaces qui permettent de viser les extrémités de l'aiguille. Sa longueur est égale à peu près au double du diamètre des cercles du théodolite. Au centre et dans le fond se visse le pivot en platine; une disposition sur laquelle on reviendra permet de lui donner un petit déplacement. Aux extrémités de la boîte, deux petites pièces d'ivoire, taillées en forme de secteurs dont le pivot est le centre, servent de limbe à l'aiguille. Ces pièces sont fixées de façon à pouvoir prendre un léger mouvement dans le sens perpendiculaire à la longueur de la boîte. Près du bord des secteurs sont tracés sur l'ivoire deux petits traits en croix.

Dans les conditions de réglage parfait, les points de croisement de ces deux traits et le pivot doivent être en ligne droite; cette ligne doit être horizontale; elle doit passer à une distance de l'axe vertical du théodolite égale à la plus courte distance de cet axe et de l'axe optique de la lunette; enfin la perpendiculaire commune doit passer par le pivot.

La lunette du théodolite ne permet de viser que des objets éloignés; pour pointer les extrémités de l'aiguille, il faut un véritable microscope que l'on réalise en rabattant sur l'objectif de la lunette auquel elle se superpose une petite lentille très convergente enchâssée dans une monture fixée à charnières sur l'extrémité du tube de la lunette. Une vis de pression faisant face à la charnière assure la fixité du système.

Si cette lentille additionnelle était parfaitement centrée sur l'objectif de la lunette astronomique, il suffirait d'annuler la collimation de celle-ci pour

que le microscope fût aussi sans collimation. Malheureusement, la lunette n'étant pas retournable *sur elle-même*, rien ne permet de mesurer la collimation du microscope, aussi le système de vis destiné à donner à la lentille un petit déplacement est-il inutilisable par l'observateur. Le constructeur devra s'efforcer de réduire à la plus petite valeur possible cette collimation, qui deviendra donc une erreur instrumentale fixe, mais une erreur dont l'influence, comme on le verra, s'élimine dans le courant des opérations.

Réglage de la pièce additionnelle

Ce réglage est peu susceptible de dérangement. S'il a été bien fait par le constructeur, il sera généralement inutile d'y toucher pendant toute une campagne. Dans le cas où l'observateur devrait le faire lui-même, voici comment il pourrait procéder.

1° *Rendre horizontale la ligne qui joint les points de croisement des deux petits traits tracés sur les secteurs d'ivoire*

Les lames d'ivoire sont vissées sur deux petits massifs en bronze ayant même hauteur et qui reposent sur le fond de la boîte. Il suffira donc de vérifier avec un niveau mobile, qu'on placera sur le fond de la boîte, si ce dernier est horizontal *après qu'on a rendu horizontal le cercle azimutal du théodolite*. Si l'horizontalité n'existe pas, on l'obtiendra en interposant une ou plusieurs épaisseurs de papier entre la boîte et son support.

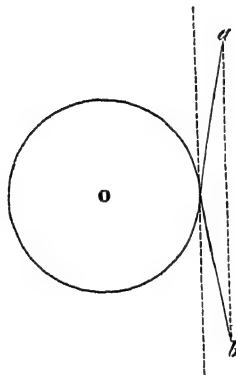
2° *Faire passer cette ligne à une distance de l'axe vertical égale à la plus courte distance de cet axe et de l'axe optique de la lunette*

Après avoir fixé le collier auquel est liée la boîte, on amène la lunette au-dessus de celle-ci et l'on vise le point de croisement des deux traits à une extrémité. On fixe la lunette en azimut, puis, la faisant mouvoir en hauteur, on la dirige vers l'autre extrémité. Si le point de croisement des deux traits à cette extrémité passe sous le fil vertical de la lunette, la condition est réalisée. Dans le cas contraire, on desserrera les vis qui fixent le secteur au fond de la boîte, et l'on agira sur celle qui le déplace perpendiculairement à la ligne dont nous nous occupons, jusqu'à amener le croisement des traits sous le fil vertical de la lunette.

Cette opération suppose que le microscope est sans collimation. S'il n'en est pas ainsi, la ligne *ab* (*fig. 2*), qui joint les points de croisement des traits,

passera trop près ou trop loin de l'axe vertical, et l'on sera conduit par conséquent à fixer le pivot, qui doit être sur cette ligne, trop près ou trop loin

Fig. 2



Mais cette erreur est une de celles dont il est possible, on le verra plus loin, d'éliminer l'influence.

3° *Placer le pivot sur cette ligne, et au point de la plus courte distance à l'axe vertical*

La plus simple façon d'opérer est de déterminer sur la ligne *ab* deux points également distants de l'axe vertical et de placer le pivot en leur milieu

On visera la croisée des traits *a*, puis, fixant la lunette en hauteur, on l'amènera par un mouvement azimutal dans la direction *b*. Si le point *b* passe *sous la croisée* des fils de la lunette, c'est que les points *a* et *b* satisfont à la condition; il n'en sera généralement pas ainsi. Il faudra alors, ou bien déplacer le point *b* dans la direction *ab* si les petits secteurs peuvent recevoir un mouvement dans ce sens, ou dans le cas contraire (qui est celui de l'instrument dont on s'est servi) marquer avec la pointe très effilée d'un crayon le point *du trait longitudinal* qui passe sous la croisée des fils.

Cela fait, il restera à fixer le pivot sur la ligne *ab* et à mi-distance du point *a* et du point de repère *b'*, marqué au crayon près de *b*

Pour y arriver, on pourra se servir de l'aiguille aimantée elle-même. On amènera la boîte dans la direction du méridien magnétique, et l'on essaiera plusieurs positions successives du pivot, jusqu'à ce qu'on ait trouvé celle

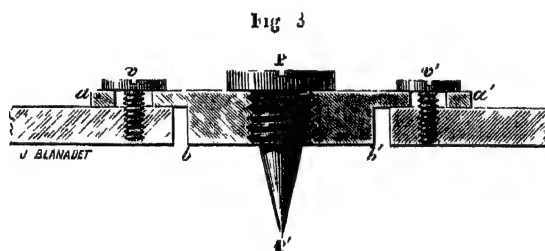
pour laquelle les deux pointes de l'aiguille sont exactement en regard des traits longitudinaux, et à égale distance du point a et du point b'

Il faut remarquer que la lunette permet de vérifier avec précision si ces conditions sont remplies : la pointe, voisine de a par exemple, sera bien en regard du trait longitudinal, si, ayant visé le point a et fixe la lunette en azimut, on peut amener le fil vertical à passer par la pointe de l'aiguille ; les pointes de l'aiguille seront bien à la même distance des points a et b' si l'on doit mouvoir la lunette en hauteur du même angle pour passer des points a et b' aux pointes de l'aiguille

Cette façon de placer le pivot, qui est la plus commode, sera aussi de beaucoup la plus précise si les parties N et S de l'aiguille sont égales. Cette condition peut être facilement réalisée par le constructeur, si cependant elle ne l'était pas, il faudrait alors se servir d'une règle divisée

Mais ce qui vient d'être dit oblige à une remarque importante sur le mode de fixation du pivot.

Le pivot PP' (*fig. 3*) est vissé dans une pièce de bronze cylindrique $aa'bb'$



qui s'appuie sur le fond de la boîte par la collerette aa' , la partie bb' ne touche de nulle part à la boîte, elle en est séparée par un espace libre circulaire de $0^{\text{mm}},5$ de large, qui permet donc, si l'on suppose les vis v et v' enlevées, le mouvement de la pièce $aa'bb'$ dans tous les sens. Celles-ci servent à fixer le tout d'une façon rigide; mais, pour qu'elles puissent se mettre en place, quelle que soit la position du pivot, il faut qu'elles traversent librement la collerette aa' et que le jeu qu'elles ont dans cette collerette soit au moins égal au jeu de la partie cylindrique bb' dans le fond de la boîte. Cela n'a pas lieu dans le modèle dont nous disposons : on leur a donné ce jeu dans le sens transversal, ce qui permet de rapprocher ou d'éloigner le pivot de l'axe vertical, mais point dans le sens longitudinal

Or c'est la correction dans ce sens qui est la plus importante, car elle entraîne, si elle n'est pas faite, une erreur que, ni retournement d'aiguille, ni observations croisées, qu'aucune opération ne saurait éliminer plus tard.

Erreurs instrumentales Opérations qui permettent d'en éliminer l'influence.

Si le réglage qui vient d'être détaillé était rigoureusement fait, si le microscope n'avait pas de collimation, si enfin l'axe de figure et l'axe magnétique de l'aiguille coïncidaient, il suffirait, après avoir orienté la boîte de façon que les pointes de l'aiguille coïncident avec les traits longitudinaux, de viser une quelconque de ces deux pointes pour avoir, sur le cercle azimutal, la trace du méridien magnétique.

Ces conditions dans la pratique ne sont jamais réalisées, et tout instrument présente généralement les imperfections suivantes

- 1° Le pivot n'est pas à la distance voulue de l'axe vertical
- 2° Les parties Nord et Sud de l'aiguille n'ont pas même longueur.
- 3° L'axe de figure et l'axe magnétique de l'aiguille ne coïncident pas.
- 4° Les pointes de l'aiguille et le pivot ne sont pas en ligne droite.
- 5° L'aiguille n'est pas horizontale
- 6° La lunette a une collimation
- 7° La boîte de l'aiguille est mal orientée

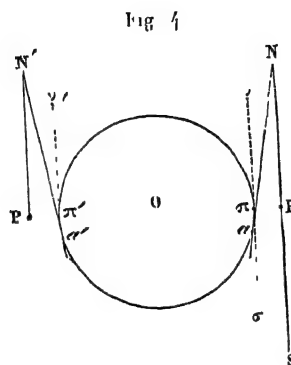
1° *Le pivot n'est pas à la distance voulue de l'axe vertical*

Si l'on coupe, par un plan horizontal passant par le pivot P (*fig. 4*), le cylindre décrit dans le mouvement azimutal du théodolite par l'axe optique de la lunette rendu vertical, NPS sera l'aiguille. L'axe optique de la lunette devrait, pour qu'on lût sur le limbe azimutal la trace du méridien magnétique, avoir pour projection la ligne $\nu\pi\sigma$ parallèle à NS, ce qui n'a pas lieu.

Si l'on vise l'extrémité Nord, par exemple, la projection de cet axe optique, qui reste constamment tangente au cercle $O\pi$, sera la ligne Na; et l'erreur instrumentale commise est l'angle $\alpha NP = \pi O\alpha$.

Cette erreur est annulée par la rotation de 180° de la boîte de l'aiguille. En effet, dans cette deuxième position, l'aiguille est en P'N', et, comme c'est toujours la pointe Nord de l'aiguille qui est en N', $P'N' = PN$ et l'angle

$\pi'Oa' = \tau Oa$ Or ces deux angles sont comptés en sens contraire l'un de l'autre; la lecture azimutale moyenne donne donc le méridien



Remarquons en passant que si l'aiguille est divisée en deux parties égales par le pivot, le pointé sur le pôle Sud suffit à annuler l'erreur que nous envisageons

2° *Les parties Nord et Sud de l'aiguille n'ont pas même longueur*

Cette inégalité n'entraîne d'erreur sur la détermination du méridien magnétique que si le pivot est mal placé, et l'on vient d'examiner l'influence de ces deux causes d'erreur liées entre elles

3° *L'axe de figure et l'axe magnétique de l'aiguille ne coïncident pas*

On sait que, pour éliminer l'erreur qui en dérive, il suffit de retourner l'aiguille sur elle-même; mais il faut remarquer que, si l'axe magnétique et l'axe de figure faisaient entre eux un angle sensible, il y aurait lieu, après avoir retourné l'aiguille, de rectifier l'orientation de la boîte. Les pointes ne correspondraient plus aux traits longitudinaux.

L'agate sur laquelle est suspendue l'aiguille est enchâssée dans une petite pièce cylindrique en bronze fileté à son extrémité. Cette chape s'engage à frottement doux dans un orifice circulaire percé au centre de l'aiguille et est serrée contre elle par un écrou.

Pour retourner l'aiguille sur elle-même, il faut desserrer l'écrou, repousser la chape du doigt, l'engager de nouveau dans l'orifice de l'aiguille, mais dans le sens opposé, et resserrer l'écrou. (Avoir soin, quand on fait cette opération, d'avoir au-dessous de soi un chapeau, par exemple, pour le cas où on laisserait échapper une de ces deux pièces qui sont très menues.)

4° *Les pointes de l'aiguille et le pivot ne sont pas en ligne droite*

Ce n'est pas à proprement parler un nouvel élément d'erreur, la seule conséquence qui en résulte est d'obliger à considérer le pivot comme un peu plus éloigné ou un peu plus rapproché de l'axe qu'il ne l'est réellement. Or l'erreur qu'entraîne une distance inexacte du pivot à l'axe vertical a été la première étudiée.

5° *L'aiguille n'est pas horizontale*

L'inclinaison de l'aiguille théoriquement n'entraîne pas d'erreur; mais elle a un grave inconvénient, celui de rapprocher de l'objectif l'une des pointes pendant que l'autre s'en éloigne; or les conditions optiques de la lunette sont telles qu'il suffit d'éloigner ou de rapprocher l'objet visé d'un millimètre pour en troubler considérablement l'image: d'où la nécessité d'avoir les deux pointes de l'aiguille rigoureusement à la même distance de l'objectif.

Pour vérifier l'horizontalité de l'aiguille, il suffit de comparer la hauteur des pointes à celle des bords des deux petits secteurs en ivoire dont la surface a été nivelée au moment du réglage de la boîte, et pour la réaliser, si elle n'existe pas, il suffit de déplacer un petit curseur en aluminium, mobile le long de l'aiguille.

Quand on voyage, cette correction doit être faite avant chaque observation, car les variations de l'inclinaison modifient les conditions d'équilibre de l'aiguille. Pour bien faire, il faudrait avoir deux curseurs, l'un pour la partie Nord, l'autre pour la partie Sud de l'aiguille, à cause de la présence au centre d'un massif d'une certaine étendue.

6° *La lunette a une collimation*

Il est clair que les pointés sur les deux extrémités de l'aiguille obligent à un retournement de la lunette qui annule l'erreur de collimation.

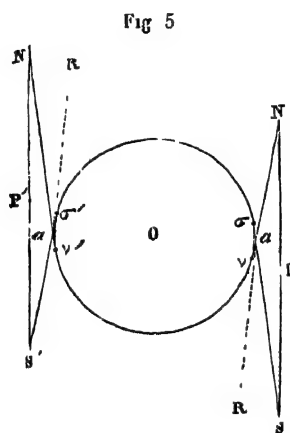
7° *La boîte de l'aiguille est mal orientée*

La discussion de cette erreur a été réservée, comme la plus importante, car on va voir qu'il est impossible de s'en affranchir.

La boîte de l'aiguille mal orientée ou le pivot mal placé dans la boîte, dans le sens de la longueur, constituent une seule et même erreur, car il est bien évident que, quelle que soit la position du pivot dans la boîte, celle-ci peut toujours être orientée de telle sorte que le plan perpendiculaire au méridien mene par l'axe vertical du théodolite passe par le pivot. Seulement,

si celui-ci est bien placé, les pointes de l'aiguille correspondent alors aux traits des secteurs d'ivoire, ils n'y correspondent pas dans le cas contraire. Autrement dit, si le pivot est mal placé, la boîte sera toujours mal orientée; s'il est bien placé, elle ne sera mal orientée que si l'on néglige de faire correspondre les pointes de l'aiguille aux traits des secteurs.

Cela dit, soit NPS (*fig 5*) une aiguille, le plan vertical OP étant oblique



au méridien magnétique. Remarquons d'abord que, si l'aiguille dans cette position était tangente au cercle O, il n'y aurait pas d'erreur; mais on n'échapperait pas à l'inconvénient, signalé à propos du défaut d'horizontalité, d'avoir troublé l'image d'au moins une des deux pointes. Celles-ci se visent suivant les directions σN et σS et, comme elles sont inégalement distantes de l'axe, les deux angles N et S sont inégaux et la résultante αR de ces deux directions n'est pas parallèle au méridien magnétique.

L'angle $R\alpha S$, en effet, égal à la demi-somme des angles N et S, est donc plus grand que l'angle S.

Si l'on fait tourner la boîte de 180° , le pivot vient en P' , et tout le système étant symétrique par rapport au point O, la moyenne des pointés faits dans cette nouvelle position donne la direction $\alpha'R'$ parallèle à αR . L'erreur subsiste donc.

Un défaut d'orientation de la boîte ayant toujours pour effet de rapprocher le pivot de l'axe du théodolite, il en résulte que, dans l'hypothèse d'un réglage imparfait, le pivot trop près constitue un cas plus désavantageux que le pivot trop loin.

En résumé, des sept éléments d'erreur possibles et qui ont été examinés, les six premiers s'éliminent par l'ensemble des opérations suivantes :

Pointés sur les deux extrémités de l'aiguille,
Retournement de l'aiguille face pour face,
Rotation de la boîte de 180° .

Cette dernière opération ne serait même pas, on l'a vu, absolument indispensable, mais nous la conservons, afin de neutraliser l'influence des traces de fer qui pourraient exister dans le métal de l'instrument

L'erreur provenant d'une mauvaise orientation de la boîte ne peut disparaître, et il n'y a d'autre remède contre elle que d'apporter le plus grand soin au réglage

Disons, pour donner une idée numérique de son importance, qu'avec un instrument dont le pivot était trop près de l'axe d'environ $\frac{1}{4}$ de millimètre, nous avons constaté qu'un défaut de coïncidence de $0^{\text{mm}},5$ entre les pointes de l'aiguille et les traits de la boîte entraîne une erreur de $1',5$ sur le point correspondant.

La boîte étant supposée bien réglée, ces erreurs sont purement accidentelles, et se produisant tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, disparaîtront en grande partie des moyennes

La boîte mal réglée, au contraire, entraîne une erreur systématique que la multiplicité des pointés ne saurait diminuer

Détail d'une observation

Après avoir fixé le théodolite sur son pied et nivelé le cercle azimutal, on oriente la boîte de l'aiguille dans la direction présumée du méridien magnétique, puis, enlevant le dessus de la boîte, on place l'aiguille sur son pivot en la saisissant par le massif de la chape au moyen d'une petite pince en bronze destinée à cet usage et en ayant soin de diriger la pointe de l'aiguille marquée d'un N vers le Nord, on remet ensuite le couvercle de la boîte et, après avoir rectifié son orientation, on vérifie l'horizontalité de l'aiguille, que l'on réalise par tâtonnement en déplaçant le petit curseur en aluminium. Cela fait, on établit, au moyen de la vis de rappel, la parfaite coïncidence des traits de la boîte avec les pointes de l'aiguille

On amène alors la lunette au-dessus de la boîte et l'on vise une des extré-

mités de l'aiguille, N par exemple. On fait la lecture correspondante, puis, sans toucher à la vis de pression du cercle azimutal, on retourne la lunette sur la pointe Sud dont on amène l'image sous le fil vertical au moyen de la vis de rappel. On fait la lecture correspondante.

Ce groupe de deux pointés doit être effectué sans donner à la boîte le moindre ébranlement, car les erreurs qu'occasionne sur chacun d'eux la trop grande ou trop faible distance de l'axe du théodolite à laquelle est située l'aiguille ne s'éliminent que si celle-ci n'a pas bougé dans l'intervalle.

La lecture du pointé Sud une fois faite, on frappe légèrement du bout du doigt deux ou trois petits coups verticaux sur la saillie du couvercle de la boîte qui sert à le saisir, l'aiguille se sera généralement un peu déplacée sur son pivot, on rétablira avec la vis de rappel la coïncidence de la pointe Sud de l'aiguille et du fil méridien de la lunette et on lira de nouveau; on fera ensuite un pointé Nord.

Ce deuxième groupe obtenu, ébranler de nouveau légèrement la boîte, et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'on ait obtenu cinq groupes de deux pointés chacun.

Alors on enlèvera l'aiguille de dessus son pivot et l'on fera tourner la boîte de 180° . Il faut avoir bien soin d'enlever l'aiguille d'abord et, en général, de ne donner aucun mouvement important à la boîte quand l'aiguille est sur son pivot.

On remettra l'aiguille en place; et, se conformant à toutes les recommandations qui viennent d'être détaillées, on fera dans cette nouvelle position 10 nouveaux pointés.

Après quoi, on enlèvera l'aiguille que l'on retournera face pour face en prenant les précautions indiquées plus haut pour ne pas perdre une des petites pièces; et, après avoir rétabli, s'il y a lieu, avec la vis de rappel, la parfaite coïncidence des traits de repère avec les pointes de l'aiguille, on effectuera dans la même position de la boîte encore 10 pointés.

On remettra la boîte dans sa première position, en la tournant de 180° , et l'on fera 10 pointés.

Chaque position de la boîte sera caractérisée sur le cahier d'observations par les mots *aiguille dans l'Est* ou *aiguille dans l'Ouest*, et le petit curseur de l'aiguille étant fendu, chaque face le sera par l'indication *fente en dessus* ou *fente en dessous*. Dans l'ordre qui vient d'être indiqué, chacun des groupes

de 10 pointés portera donc les titres :

- 1° Aiguille dans l'Est, fente en dessus,
- 2° Aiguille dans l'Ouest, fente en dessus;
- 3° Aiguille dans l'Ouest, fente en dessous,
- 4° Aiguille dans l'Est, fente en dessous;

On fera pour chacun de ces groupes la moyenne des 10 lectures, et la moyenne de quatre groupes donnera la trace du méridien

STATION D'ARICA (PÉROU)

7 janvier 1883, matin

(Théodolite-boussole d'Hurlmann)

Détermination de la déclinaison

Sur le flanc de la colline du Moro qui fait face à la ville d'Arica

Latitude	18° 28' Sud	Relèvements	Mât de pavillon du fort du Moro	11° 11', 8
Longitude	72° 40', 2 Ouest		Église d'Arica	99° 49', 8
			Mât de pavillon du Consulat français	103° 23', 5

Terrain sablonneux, très beau temps, calme	Thermomètre	28°
	Baromètre	»
	Altitude	50 ^m

Observations magnétiques commencées à 9^h 0^m du matin, terminées à 9^h 30^m

Fente en dessus		Fente en dessous	
Aiguille		Aiguille	
dans l'Est	dans l'Ouest	dans l'Ouest	dans l'Est
Nord 85° 52', 5	Nord 86° 10', 0	Nord 86° 5', 0	Nord 85° 17', 0
Sud 266 5, 5	Sud 265 45, 0	Sud 265 49, 0	Sud 266 11, 0
Sud 266 6, 0	Sud 265 46, 5	Sud 265 49, 5	Sud 266 11, 5
Nord 85 52, 0	Nord 86 9, 5	Nord 86 6, 5	Nord 85 47, 5
Nord 85 52, 0	Nord 86 11, 0	Nord 86 7, 0	Nord 85 47, 5
Sud 266 6, 0	Sud 265 48, 0	Sud 265 50, 0	Sud 266 12, 0
Sud 266 6, 0	Sud 265 49, 0	Sud 265 51, 0	Sud 266 13, 5
Nord 85 52, 0	Nord 86 13, 0	Nord 86 6, 5	Nord 85 48, 6
Nord 85 52, 5	Nord 86 9, 5	Nord 86 5, 5	Nord 85 49, 0
Sud 266 6, 5	Sud 265 46, 0	Sud 265 49, 0	Sud 266 11, 0
Moy (N) = 85 59, 1	Moy (N) = 85 58, 8	Moy (N) = 85 57, 9	Moy (N) = 85 60, 2

Aiguille dans l'Est, fente en dessus	85° 59', 1
Id l'Ouest id	85 58, 8
Id id fente en dessous	85 57, 9
Id l'Est id	85 60, 2
Nord magnétique	85 59, 0

CHAPITRE III.

BOUSSOLE D'INCLINAISON (GAMBÉY N° 31)

La boussole d'inclinaison de Gambey est d'un modèle ancien et très connu; on ne la décrira pas ici. L'instrument avec lequel ont été obtenus les résultats qui sont donnés aux Chapitres V et VI de ce travail a les dimensions suivantes : diamètre du cercle-limbe vertical 0^m, 242, diamètre du cercle azimutal 0^m, 175. Le premier est gradué de 10' en 10', et le grossissement des loupes permet d'apprécier assez facilement la minute, le second est gradué de 30' en 30', mais son alidade porte un vernier qui donne la minute.

Quant à la théorie de la boussole d'inclinaison, elle a été exposée avec détail dans les Conférences sur le magnétisme terrestre, faites par M. Mascart (p. 373, note 2) et nous ne la reproduirons pas.

On rappellera seulement quelles peuvent être les erreurs instrumentales et quelles opérations permettent de les éliminer, puis, après quelques considérations sur la valeur comparative des diverses méthodes qu'on a été conduit à choisir suivant les circonstances et suivant la latitude magnétique de la station d'observation, on terminera, comme précédemment, par l'indication de la marche suivie et des précautions prises pour faire une détermination complète.

Erreurs instrumentales.

Si l'on supposait le cercle vertical orienté dans le plan du méridien magnétique, et l'instrument parfait, une seule lecture d'une des extrémités de l'aiguille donnerait l'inclinaison, mais toute boussole présente, plus ou moins sensibles, les erreurs instrumentales suivantes, dont on s'affranchit comme il va être dit :

- 1° *L'axe de suspension de l'aiguille ne passe pas par le centre du cercle vertical.*
Lire aux deux extrémités de l'aiguille.

2° *La ligne 0°0° n'est pas horizontale quand le cercle azimutal a été nivelé*

Faire tourner de 180° le cercle vertical, et effectuer dans cette deuxième position les mêmes opérations que dans la première

3° *Les arêtes des agates sur lesquelles reposent les tourillons de l'aiguille ne sont pas parallèles au plan du cercle vertical, et le plan qui les contient n'est pas perpendiculaire au plan de ce cercle*

Cette erreur doit être corrigée, avant d'employer l'instrument, au moyen de vis destinées à cet effet. On s'aperçoit de son existence si les pointes de l'aiguille, en tournant, ne restent pas à la même distance du plan du limbe

4° *Le plan des agates, tout en étant perpendiculaire au plan du limbe, n'est pas horizontal*

La rotation de 180° du cercle vertical annule l'erreur qui en découle

5° *L'axe de figure de l'aiguille ne coïncide pas avec la ligne des pôles*

Retourner l'aiguille face pour face

Il faut remarquer à ce propos que la rotation de 180° du cercle vertical implique un retournement de l'aiguille. c'est ainsi que, les mots *face Est* et *face Ouest*, *Marque en avant* et *Marque en arrière* caractérisant les positions du cercle et de l'aiguille, l'inclinaison observée *face Est*, *Marque en avant* serait la même que celle observée *face Ouest*, *Marque en arrière*, si la ligne 0°0° était horizontale; le retournement du cercle corrigeant de deux erreurs et celui de l'aiguille d'une seule, celles-ci s'ajoutent ou se retranchent suivant le cas, mais la moyenne générale doit se trouver la même pour chaque face de l'aiguille

De ce qui vient d'être dit résulte que le retournement face pour face de l'aiguille est théoriquement inutile. On le fera néanmoins, car c'est un moyen de multiplier les pointes en même temps qu'une occasion de nettoyer tourillons et agates

6° *Le centre de gravité n'est pas sur l'axe de rotation de l'aiguille*

Désaimanter l'aiguille, et la réaimanter en renversant les pôles

L'erreur qu'entraîne l'excentricité du centre de gravité est ainsi corrigée, mais à la condition que le moment magnétique de l'aiguille à la deuxième aimantation soit le même qu'à la première, ce dont on s'assurera en vérifiant si la durée de dix oscillations est la même avant et après le changement

d'aimantation Il sera d'autant plus nécessaire que cette condition soit rigoureusement remplie qu'il y aura entre les deux aimantations une différence d'inclinaison plus considérable; on y arrivera par tâtonnement en effectuant avec les barreaux, sur l'aiguille, un certain nombre de passes supplémentaires

Si toutes les opérations qui viennent d'être énumérées sont bien faites, le résultat sera indépendant de toute erreur systématique provenant de l'instrument, il ne pourra être faussé que par les erreurs accidentelles d'observation

Recherche du méridien

On a supposé connue la trace du méridien magnétique

Si l'instrument était sans erreur, il suffirait pour la déterminer de faire tourner le cercle vertical jusqu'à ce qu'une pointe de l'aiguille soit sur 90° , le plan de ce cercle serait alors perpendiculaire au méridien. Mais la division 90° peut ne pas se trouver sur la verticale passant par le centre de suspension de l'aiguille, l'axe de figure de l'aiguille ne pas coïncider avec la ligne des pôles, etc., on aurait dès lors à effectuer, pour cette première détermination, toute la série des opérations indiquées pour l'observation de l'inclinaison

Un moyen plus rapide est d'observer, de part et d'autre du méridien et sans toucher à l'aiguille, deux inclinaisons apparentes égales. toutes les erreurs instrumentales intervenant dans chaque position avec le même signe et le même facteur, aux déclinaisons apparentes égales correspondront évidemment des inclinaisons vraies égales, et la moyenne des deux azimuts d'observation sera par conséquent le méridien.

Mais le choix de l'inclinaison à observer n'est pas indifférent

De l'équation fondamentale

$$(I) \quad \text{tang } I' \cos \alpha = \text{tang } I,$$

dans laquelle, I étant l'inclinaison méridienne, I' représente l'inclinaison observée dans un azimut faisant avec le méridien un angle α , on tire en effet

$$\partial \alpha = \partial I' \frac{\cot \alpha}{\sin I' \cos I'} = \partial I' \frac{\text{tang}^2 I + \cos^2 \alpha}{\sin \alpha \text{ tang } I},$$

équation qui montre qu'une erreur $\partial I'$ commise sur l'observation de l'inclinaison I' entraînera sur la détermination du méridien une erreur d'autant moins considérable que l'angle α sera plus voisin de 90°

Il convient de remarquer, toutefois, que l'erreur probable à admettre, sur l'appréciation de l'inclinaison I' , n'est pas la même, quel que soit l'azimut α . Cette erreur $\partial I'$ sera d'autant plus grande que la force qui sollicite l'aiguille est plus faible, et si l'on prend comme éléments de comparaison, d'une part la force F qui agit sur l'aiguille dans le méridien, et de l'autre l'erreur probable ∂I que l'on commettrait sur l'observation de l'inclinaison méridienne, on doit poser

$$\frac{\partial I'}{\partial I} = \frac{F}{F'}$$

Or il est facile de voir que

$$F' = F\sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha},$$

d'où l'on tire

$$\partial I' = \frac{\partial I}{\sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha}}$$

et enfin

$$(II) \quad \partial \alpha = \partial I \frac{\tan^2 I + \cos^2 \alpha}{\sin \alpha \tan I \sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha}},$$

∂I dans cette expression est alors constant pour un même instrument, un même observateur et un même lieu. La valeur de α qui rend $\frac{\partial \alpha}{\partial I}$ minimum est racine de l'équation

$$\frac{\partial \left(\frac{\partial \alpha}{\partial I} \right)}{\partial \alpha} = 0$$

On trouve encore $\alpha = 90^\circ$.

Ainsi, pour déterminer le méridien avec la plus grande précision possible, il faudrait observer de part et d'autre du méridien, dans le plan qui lui est perpendiculaire

On réalise pour le mieux cette condition en observant l'inclinaison que l'instrument fait supposer la plus voisine de la verticale, c'est-à-dire que l'on fait coïncider l'une des pointes de l'aiguille avec la division 90° , puis

on fait tourner le cercle-limbe jusqu'à ce que la *même pointe* revienne à la *même division*. Si les deux azimuts diffèrent de 180° , c'est que la ligne des pôles était vraiment verticale; mais, quoi qu'il en soit, leur bissectrice est certainement le méridien ⁽¹⁾

Pendant la durée de la Mission, on a dû plusieurs fois, pour certaines raisons, et particulièrement par suite de l'impossibilité de lire les graduations du cercle-limbe inférieures à 8° ⁽²⁾, déterminer des inclinaisons par

(1) Il est intéressant d'évaluer l'erreur probable que l'on commet dans la détermination du méridien. La valeur $\alpha = 90^\circ$, transportée dans l'équation (II), donne

$$\partial\alpha = \sec I \partial I,$$

et, comme la trace du méridien est bissectrice de deux azimuts sur lesquels l'erreur probable est $\partial\alpha$, l'erreur probable sur la détermination du méridien est donc

$$\frac{\partial\alpha}{\sqrt{2}} = \frac{\sec I}{\sqrt{2}} \partial I$$

On voit qu'elle est proportionnelle à la sécante de l'inclinaison

A Paris, elle sera $1,7 \partial I$, elle sera ∂I avec une inclinaison de 45° , et $0,7 \partial I$ pour une inclinaison nulle

La détermination du méridien sera toujours suffisamment précise si elle n'a d'autre but que d'observer l'inclinaison. L'équation (I) montre, en effet, qu'une erreur de 1° sur cette détermination ne fausserait que bien peu l'inclinaison. Mais il peut venir à l'idée, si l'on ne dispose pas d'autre instrument magnétique, d'utiliser la boussole de Gambey pour déterminer la déclinaison. Si l'on admet pour ∂I une valeur de $2'$, il en résultera, entre Paris et l'équateur magnétique, une erreur sur la direction du méridien qui variera de $3',4$ à $1',4$

Quant au Nord géographique, on le déterminera également avec la boussole d'inclinaison si l'on possède un compteurs bien réglé et si le Soleil est brillant, en recevant sur la tranche inférieure du cercle vertical de l'instrument l'ombre de la tranche supérieure. Malgré la grossièreté apparente du procédé, on a pu se convaincre expérimentalement qu'il était assez facile, avec du soin, d'obtenir ainsi des azimuts de Soleil à $2'$ ou $3'$ près. Il est indispensable, par exemple, d'observer une série face Est et une série face Ouest, car le cercle azimutal, construit avec moins de soin, a souvent une forte excentricité.

On voit, en résumé, que, excepté par des latitudes élevées, la boussole d'inclinaison de Gambey pourra souvent permettre de déterminer la déclinaison avec un degré de précision suffisant dans bien des cas.

(2) Deux traverses en bronze, coupant diamétralement l'instrument, portent en leur milieu les agates destinées à supporter l'aiguille. Situées naturellement au-dessous du centre du cercle vertical, elles masquent les 8 premiers degrés environ de la moitié inférieure de ce cercle. Cet inconvénient est à peu près inévitable. Les loupes d'un autre côté prennent leur point d'appui sur une autre traverse très large, dont le milieu est juste en face du diamètre horizontal, et débordant de plusieurs degrés sur les moitiés inférieure et supérieure du cercle limbe. Rien ne serait plus facile que d'abaisser quelque peu cette dernière traverse en la coulant en son milieu, la moitié supérieure au moins du cercle limbe serait ainsi complètement dégagée.

d'autres méthodes que celle de l'observation directe dans le méridien. Ces méthodes, qui doivent être choisies avec discernement, parce que leur précision varie, on va le voir, suivant les circonstances, sont les suivantes :

On peut observer dans deux plans dont le premier est quelconque, et le second perpendiculaire au premier ;

Ou bien dans un plan faisant avec le méridien un azimut connu ;

Ou enfin employer un troisième procédé, d'un caractère tout différent, et dont on dira quelques mots en terminant

1° *Méthode des plans perpendiculaires.*

I' et I'' étant les inclinaisons mesurées dans deux plans perpendiculaires, l'inclinaison méridienne est, on le sait, donnée par la formule

$$(III) \quad \cot^2 I = \cot^2 I' + \cot^2 I''$$

Quelle est la valeur de cette méthode ? Le choix des plans est-il indifférent, ou bien quel est le plus favorable ?

Pour répondre à ces questions, il suffit d'étudier l'équation

$$(IV) \quad \Delta I = \partial I' \frac{\cot I'}{\cot I} \frac{\sin^2 I}{\sin^2 I'} + \partial I'' \frac{\cot I''}{\cot I} \frac{\sin^2 I}{\sin^2 I''},$$

tirée de (III), et dans laquelle ΔI exprime l'erreur dont est entaché le résultat, $\partial I'$ et $\partial I''$ étant les erreurs commises sur l'observation des inclinaisons I' et I'' .

On remarquera avant d'aller plus loin que les facteurs de $\partial I'$ et $\partial I''$ sont forcément inférieurs à l'unité ; et que, par suite, l'erreur commise sur le résultat est inférieure à la somme des erreurs commises sur l'observation des deux inclinaisons extra-méridiennes.

Pour pénétrer plus avant dans la discussion, il est nécessaire d'exprimer $\partial I'$, $\partial I''$, I' et I'' en fonction de l'inclinaison locale I , de l'erreur ΔI que l'on commettrait en observant dans le méridien, et des azimuts d'observation α et $(90^\circ - \alpha)$.

En se reportant à ce qui a été dit à propos de la recherche du méridien, on voit que

$$\partial I' = \frac{\partial I}{\sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha}}, \quad \partial I'' = \frac{\partial I}{\sqrt{1 - \cos^2 I \cos^2 \alpha}}$$

et que, d'autre part,

$$\frac{\cot I'}{\cot I} = \cos \alpha, \quad \frac{\cot I''}{\cot I} = \sin \alpha, \quad \frac{\sin^2 I}{\sin^2 I'} = 1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha, \quad \frac{\sin^2 I}{\sin^2 I''} = 1 - \cos^2 I \cos^2 \alpha$$

En portant ces valeurs dans (IV), on obtient

$$\Delta I = \partial I \cos \alpha \sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha} + \partial I \sin \alpha \sqrt{1 - \cos^2 I \cos^2 \alpha};$$

∂I dans les deux termes du deuxième membre, a la même valeur probable, mais n'est pas identique, par conséquent

$$\frac{\Delta I}{\partial I} \text{ probable} = \sqrt{\cos^2 \alpha (1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha) + \sin^2 \alpha (1 - \cos^2 I \cos^2 \alpha)},$$

et, en effectuant,

$$(V) \quad \frac{\Delta I}{\partial I} \text{ probable} = \sqrt{1 - 2 \cos^2 I \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha}$$

La fraction $\frac{\Delta I}{\partial I}$ mesure bien la valeur de la méthode, puisqu'elle exprime le rapport de l'erreur commise en l'employant à l'erreur que le même observateur, dans le même lieu et avec le même instrument, commettrait en observant directement dans le méridien

Si l'on fait $\sin \alpha = 0$ ou $\cos \alpha = 0$, on a $\frac{\Delta I}{\partial I} = 1$, ce à quoi il fallait s'attendre, puisque tout se réduit, dans ces deux cas, à des observations méridiennes.

Quant aux maxima et aux minima de $\frac{\Delta I}{\partial I}$, ils s'obtiennent par la résolution de l'équation

$$\frac{\partial \left(\frac{\Delta I}{\partial I} \right)}{\partial \alpha} = 0,$$

qui se réduit à

$$\frac{2 \cos^2 I (\cos^3 \alpha \sin \alpha - \cos \alpha \sin^3 \alpha)}{\sqrt{1 - 2 \cos^2 I \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha}} = 0,$$

et admet trois racines : $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = 45^\circ$ et $\alpha = 90^\circ$.

Il serait facile de vérifier, en cherchant la dérivée seconde, que la première et la dernière valeur de α correspondent à des maxima, et la valeur $\alpha = 45^\circ$ à un minimum. Transportée dans l'équation (V), celle-ci

donne, toutes réductions faites,

$$\frac{\Delta I}{\partial I} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + \sin^2 I}$$

On a également recherché quelle est l'inclinaison la plus ou la moins favorable à l'emploi de la méthode des plans perpendiculaires

L'équation

$$\frac{\partial \left(\frac{\Delta I}{\partial I} \right)}{\partial I} = 0$$

se réduit à

$$\frac{2 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha \cos I \sin I}{\sqrt{1 - 2 \cos^2 I \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha}} = 0$$

et admet par conséquent deux racines : $\cos I = 0$ et $\sin I = 0$

La première correspond à un maximum. Transportée dans (V) elle donne

$$\frac{\Delta I}{\partial I} = 1,$$

valeur indépendante, on le voit, des azimuts d'observation, ce qui doit être, puisque l'aiguille sera partout verticale.

La seconde correspond à un minimum et donne

$$\frac{\Delta I}{\partial I} = \sqrt{1 - 2 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha},$$

valeur qui, suivant le choix de l'azimut α , peut varier de $\frac{1}{\sqrt{2}}$ à 1

Il résulte de cette discussion :

1° Que la méthode des plans perpendiculaires doit théoriquement *toujours* donner un meilleur résultat *qu'une* observation méridienne, puisque son erreur probable est égale à l'erreur probable de celle-ci, multipliée par un facteur qui varie, suivant le choix des azimuts d'observation et suivant l'inclinaison, de 1 à $\frac{1}{\sqrt{2}}$,

2° Que sa valeur relative augmente à mesure que l'on se rapproche de l'équateur magnétique;

3° Que chaque fois qu'on voudra l'employer, on devra, pour se placer

dans les conditions les plus favorables, observer dans deux azimuts situés à 45° de part et d'autre du méridien

Si ces conclusions ne sont pas toujours vérifiées en pratique, cela tient à ce que le cercle azimutal est quelquefois mal centré, ou encore à la raison suivante. Quand on observe une inclinaison dans un plan extraméridien, l'aiguille, sollicitée par une force qui n'est pas contenue dans ce plan, tend elle-même à en sortir, et, si une légère déviation vient à se produire, on attribuera alors à un certain azimut une inclinaison qui pourra réellement correspondre à un azimut sensiblement différent ⁽¹⁾

2^e Méthode d'un plan azimutal quelconque

Si, dans un azimut faisant avec le méridien un angle α , on a observé une inclinaison I' , l'inclinaison méridienne I peut se calculer par la formule fondamentale

$$(I) \quad \text{tang } I = \text{tang } I' \cos \alpha$$

On en tire

$$\Delta I = \partial I' \frac{\cos^2 I}{\cos^2 I'} \cos \alpha,$$

ou, en éliminant I' et $\partial I'$,

$$\frac{\Delta I}{\partial I} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha}}{\cos \alpha}$$

Il est clair que $\frac{\Delta I}{\partial I}$ est toujours supérieur à l'unité, et d'autant plus grand que α est plus voisin de 90° .

On verrait facilement aussi que $\frac{\Delta I}{\partial \alpha}$ augmente avec α .

La méthode est donc très inférieure à celle de l'observation méridienne, puisque l'erreur sur l'azimut, comme l'erreur sur les pointés d'inclinaison, faussent davantage le résultat que dans celle-ci.

(1) L'écartement des agates étant supposé de 3^{mm} , il suffit qu'une des extrémités de l'axe de l'aiguille soit déviée de $0^{\text{mm}},008$ pour qu'il en résulte une erreur de $10'$ dans le plan azimutal d'observation. Si l'on opère à 45° du méridien, cette erreur de $\pm 10'$ entraîne une erreur de $\mp 3',8$ sur le résultat.

On a quelquefois essayé de se soustraire à l'erreur commise sur l'azimut par le procédé suivant : Après avoir observé dans un plan *voisin* du méridien, et faisant avec lui un angle présumé α , une inclinaison I' , on fait tourner le cercle vertical d'un angle 2α , et l'on observe dans ce nouveau plan une inclinaison I'' . Des inclinaisons I' et I'' on déduit les inclinaisons méridiennes I_1 et I_2 , qui sont différentes et inexactes, puisque l'azimut α est erroné, mais leur moyenne $\frac{I_1 + I_2}{2}$ est très voisine de la vérité

Soit, en effet, β l'erreur commise sur l'estimation du méridien. Les inclinaisons calculées I_1 et I_2 sont données par

$$\text{tang } I_1 = \text{tang } I' \cos \alpha,$$

et

$$\text{tang } I_2 = \text{tang } I'' \cos \alpha,$$

tandis que l'inclinaison méridienne exacte est

$$\text{tang } I = \text{tang } I' \cos(\alpha + \beta)$$

ou

$$\text{tang } I = \text{tang } I'' \cos(\alpha - \beta),$$

ou, en remplaçant I' et I'' par leurs valeurs tirées des deux premières équations

$$\text{tang } I = \text{tang } I_1 \cos \beta - \text{tang } I_1 \text{ tang } \alpha \sin \beta,$$

$$\text{tang } I = \text{tang } I_2 \cos \beta + \text{tang } I_2 \text{ tang } \alpha \sin \beta;$$

d'où l'on déduit

$$\text{tang } I = \frac{\text{tang } I_1 + \text{tang } I_2}{2} \cos \beta - \frac{\text{tang } I_1 - \text{tang } I_2}{2} \text{ tang } \alpha \sin \beta$$

I_1 et I_2 diffèrent peu l'un de l'autre; si donc on a choisi l'azimut α voisin du méridien, le second terme sera sensiblement nul et l'on pourra écrire

$$\text{tang } I = \frac{\text{tang } I_1 + \text{tang } I_2}{2} \cos \beta,$$

ou, pour la raison qui vient d'être dite,

$$\text{tang } I = \text{tang } \frac{I_1 + I_2}{2} \cos \beta$$

Mais, si, l'erreur sur la détermination du méridien étant toujours β , on avait voulu mesurer l'inclinaison au moyen d'une observation méridienne directe, on aurait trouvé une valeur I_0 liée par l'équation

$$\tan I = \tan I_0 \cos \beta,$$

que l'on voit être identique à la précédente

Ainsi le résultat fourni par le procédé qui vient d'être expliqué est absolument le même que celui que donnerait l'observation méridienne directe. Celle-ci devra donc être préférée.

Voici un exemple. A Paris, $I = 65^\circ 30'$. D'après ce qui a été dit, une observation méridienne, la détermination du méridien étant inexacte de 2° , donnera

$$I_0 = 65^\circ 30' 47''$$

Si, voulant employer le procédé précédent, on prend $z = 10^\circ$, on observera en réalité, dans des plans faisant avec le méridien des angles de 12° et 8° , les inclinaisons $I' = 65^\circ 53' 55''$ et $I'' = 65^\circ 46' 00''$, et le calcul donnera, pour l'inclinaison méridienne, les valeurs $I_1 = 65^\circ 38' 47''$ et $I_2 = 65^\circ 22' 49''$, dont la moyenne est

$$\frac{I_1 + I_2}{2} = 65^\circ 30' 48''$$

3° Méthodes des oscillations

On a vu que, si F est la force magnétique totale qui sollicite l'aiguille dans le méridien, la force F' qui agira dans l'azimut α est donnée par la formule

$$F' = F \sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha}$$

Or le rapport de ces deux forces est également donné par le rapport inverse des carrés des durées d'oscillation t et t' de l'aiguille, sous leur action,

$$\frac{F'}{F} = \frac{t^2}{t'^2} = \sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha},$$

et, si l'azimut choisi est le plan perpendiculaire au méridien,

$$(VI) \quad \frac{t^2}{t'^2} = \sin I$$

De là une méthode pour déterminer l'inclinaison.

Pour juger de sa valeur, il faut évaluer l'erreur qu'entraînent sur l'inclinaison les erreurs d'observation dt et dt' commises sur la mesure des durées d'oscillation de l'aiguille, dans le méridien et dans le plan perpendiculaire. On tire de l'équation (VI)

$$\cos I dI = dt \frac{2t}{t'^2} - dt' \frac{2t^2}{t'^3},$$

mais dt et dt' n'ont pas la même valeur probable, car le nombre d'oscillations qu'il sera possible de compter de suite, nombre qui est le diviseur de l'erreur commise, est inversement proportionnel, évidemment, à la durée des oscillations; on doit donc admettre que $\frac{dt'}{dt} = \frac{t'}{t}$ il en résulte que

$$\cos I dI = dt \frac{2t}{t'^2} - dt \frac{2t}{t'^2},$$

dt , dans les deux termes du second membre, a la même valeur probable, mais n'est pas identique. Ce second nombre n'est donc pas nul, mais il convient de remarquer pourtant que *toute erreur systématique*, provenant soit de l'observateur, soit du compteur, *disparaît forcément*. Par conséquent, la valeur de dI représente bien la totalité de l'erreur commise sur l'inclinaison, qu'il y ait ou non erreur systématique. Et l'on a

$$dI \text{ probable} = dt \sqrt{2} \frac{2t}{t'^2 \cos I}$$

ou

$$(VII) \quad d \text{ probable} = 2 \sqrt{2} \frac{dt}{t'} \frac{\sqrt{\sin I}}{\cos I}.$$

Cette équation montre que la méthode qui vient d'être indiquée manque de précision avec de grandes inclinaisons, mais qu'elle en acquiert rapidement si l'inclinaison diminue; et c'est elle peut-être qui permettrait de déterminer, avec le plus de rigueur, les inclinaisons voisines de 0° . On s'en rendra bien compte par un exemple.

A Paris, où l'inclinaison est d'environ $65^\circ 30'$, la durée de 100 oscillations, dans le méridien, de l'aiguille n° 1 de la boussole Gambey (n° 31), est 320. Soit $0^s,5$ l'erreur probable du comptage de ces oscillations, c'est-à-dire $dt = 0^s,5$; la durée t' de 100 oscillations dans le plan perpendiculaire

au méridien est $t' = 335^s,5$ et

$$dI \text{ probable} = 2\sqrt{2} \frac{0,5}{335,5} \frac{\sqrt{\sin 65^{\circ}30'}}{\cos 65^{\circ}30'} = 0,0097 = 33',3.$$

On voit que la méthode est dans ce cas tout à fait insuffisante

Par contre, au Callao (Pérou), où l'inclinaison est de $6^{\circ}00'$, la durée de 100 oscillations de la même aiguille, dans le méridien, est $t = 393^s,7$,

Dans le plan perpendiculaire au méridien, 32 oscillations ont duré $389^s,7$

On en déduit que la durée de 100 oscillations, dans ce plan, est $t' = 1217^s,8$ et

$$dI \text{ probable} = 2\sqrt{2} \frac{0,5}{1217,8} \frac{\sqrt{\sin 6^{\circ}00'}}{\cos 6^{\circ}00'} = 0,00038 = 1',3$$

L'erreur probable continue à diminuer avec des inclinaisons inférieures à 6°

Quelle que soit la méthode employée, on ne saurait échapper aux inconvénients sérieux inhérents au principe de la boussole de Gambey. Comme celles de tout instrument à pivot, ses indications sont exposées à être faussées par le plus petit grain de poussière, par la moindre tache de rouille dont on défend si difficilement ses instruments quand on doit voyager par mer. Au moment même de l'observation, l'humidité de l'air influence d'une façon très notable le mouvement de roulement des tourillons de l'aiguille sur ses agates, de sorte qu'on devra toujours avoir moins de confiance dans une inclinaison obtenue par un temps humide que dans une inclinaison observée avec un temps sec. Enfin, les dimensions assez considérables que l'on doit donner à la boussole de Gambey, si l'on veut atténuer l'importance des inconvénients signalés ci-dessus, en constituent un autre très fâcheux dès qu'il s'agit d'un instrument destiné à des voyageurs.

Détail d'une observation.

On pose l'instrument sur son pied solidement fixe, on rectifie le niveau, s'il y a lieu, et l'on met en place la boîte vitrée dont on vérifie le contact parfait avec le plateau horizontal en bronze qui lui sert d'appui; on serre alors à bloc les vis qui fixent la boîte, et l'on réalise, par le procédé ordinaire, la verticalité de l'axe de rotation,

Si l'on s'aperçoit, dans le courant de l'observation, que le niveau s'est dérangé, on remettra immédiatement la bulle entre ses repères.

Cela fait, on essuie délicatement avec une peau les pointes et les tourillons de l'aiguille dont on veut se servir, et, après avoir orienté la boîte perpendiculairement à la direction présumée du méridien, on pose l'aiguille sur les agates, que l'on a préalablement nettoyées avec un pinceau.

A main droite est le bouton commandant le levier qui soulève l'aiguille ⁽¹⁾ on le manœuvre de façon à arrêter à peu près ses oscillations; puis on fait tourner la boîte, jusqu'à ce que la pointe supérieure de l'aiguille corresponde à la division 90° , ou decrive de part et d'autre de cette division de petites oscillations égales. On note la division correspondante du cercle azimutal.

On soulève l'aiguille de dessus ses agates (le bouton doit tourner à frottement assez dur pour que le levier ne retombe pas par son propre poids) et l'on fait tourner la boîte d'environ 180° , on la fixe quand la pointe supérieure de l'aiguille est revenue sur la division 90° . On fait la lecture correspondante du cercle azimutal.

La moyenne de ces deux lectures donne le méridien. Si la division du cercle azimutal ainsi déterminée est dans l'Est, on écrit à côté *Face Est* puis on ajoute 180° et on écrit à côté de la nouvelle division *Face Ouest*.

On amène alors le cercle dans le méridien, et on le fixe dans la position *Face Est*, puis l'on note la position de l'aiguille.

Celle-ci est caractérisée de la façon suivante. Un ou deux coups de pinceau suivant le numéro de l'aiguille ont été donnés, près des tourillons, sur le petit cercle en cuivre qui forme le milieu de l'aiguille, cette marque est située *en haut* ou *en bas*, suivant le signe de l'aimantation, *en avant* ou *en arrière* suivant le côté de l'aiguille qui fait face à l'observateur.

Supposons que cette première position soit *Marque en haut, marque en avant*. On arrête, autant qu'on le peut, les mouvements de l'aiguille, et,

(1) La course de ce levier aura dû être préalablement réglée de façon à être la moindre possible, c'est-à-dire de façon que l'aiguille ne soit soulevée que très peu au-dessus de ses agates. Une course trop grande aurait pour inconvénient, d'abord de faire buter peut-être la pointe supérieure de l'aiguille contre la tranche du cercle vertical, et, en tous cas, de communiquer à l'aiguille, chaque fois qu'on manœuvrerait le levier, des oscillations trop étendues.

prenant la moyenne des petites oscillations qu'elle décrit encore, on note les divisions correspondant à la pointe supérieure d'abord, puis à la pointe inférieure. On soulève alors l'aiguille qu'on laisse retomber doucement sur ses agates, le point de contact des tourillons s'est généralement un peu déplacé, on fait de nouveau les lectures correspondant à la pointe inférieure d'abord, puis à la pointe supérieure. On soulève une deuxième fois l'aiguille et l'on effectue encore les lectures haut, puis bas.

On fait tourner de 180° le cercle qu'on fixe dans la position *face Ouest*, et l'on recommence, comme il vient d'être expliqué, trois pointes sur chaque extrémité de l'aiguille.

On ouvre alors la boîte, on retire l'aiguille qu'on retourne sur elle-même, et on la replace après avoir essuyé agates et tourillons.

On referme la boîte, et l'on effectue trois pointes *Haut et Bas*. On fait tourner de 180° le cercle que l'on fixe dans la position *face Est*, et l'on effectue trois pointes *Haut et Bas*.

Pour terminer cette première partie de la détermination, on donne à l'aiguille un mouvement d'oscillation de 3° ou 4° , et l'on compte la durée de 10 oscillations.

On enlève alors l'aiguille, qu'il s'agit de désaimanter et de réaimanter en sens contraire. Pour cela, on la place dans une matrice destinée à cet usage et, approchant les barreaux aimants des pointes, on recherche quelles extrémités se repoussent. Celles-ci sont mises en présence, et, tenant les aimants légèrement inclinés et dans le plan vertical contenant l'aiguille, on fait du centre aux extrémités un nombre impair de passes, 13 généralement, sur chacune de ses faces (méthode de la double touche).

On l'essuie, on la reporte sur ses agates et l'on compte la durée de 10 oscillations. Si cette durée diffère sensiblement de celle qui vient d'être notée, on corrige par une ou plusieurs passes supplémentaires l'aimantation de l'aiguille, jusqu'à ce que l'on arrive à un accord satisfaisant ⁽¹⁾.

L'accord une fois obtenu, on recommencera avec cette deuxième aimantation (*Marque en bas*) toute la série des opérations qui ont été effectuées avec la première (*Marque en haut*), c'est-à-dire que l'on fera trois pointes

(1) On se montrera plus ou moins exigeant pour cet accord, selon que le changement d'aimantation de l'aiguille donnera des différences d'inclinaison plus ou moins fortes.

Haut et Bas dans chacune des positions suivantes

Face Est,	Marque en avant
Face Ouest	id
Id	Marque en arrière
Face Est	id

La moyenne des 48 pointés, obtenus comme on vient de l'expliquer, donne l'inclinaison

OBSERVATOIRE DE MONTSOURIS

Le 29 mai 1882, matin

Determination de l'inclinaison

(Boussole Gambey n° 31 Aiguille n° 1)

Bastion des fortifications n° 82, à 35^m à l'Ouest du pilier magnétique

Terrain gazonne Beau temps	Thermomètre	16°
	Baromètre	763 ^{mm}
	Altitude	85 ^m

Méthode du méridien Observations commencées à 9^h 28^m, terminées à 10^h 7^m*Recherche du méridien*

Haut de l'aiguille sur 90°	Face Nord	301° 00'
	Face Sud	121 22
		122 22
	Face Est	211 11
	Face Ouest	31 11

Première aimantation (marque en bas)

Marque en avant				Marque en arriere			
Face Est, 211°11'		Face Ouest, 31°11'		Face Ouest, 31°11'		Face Est, 211°11'	
Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas
65° 15'	65° 11'	64° 53'	64° 57'	65° 1'	65° 1'	65° 9'	65° 9'
65 13	65 10	64 54	64 56	65 0	65 1	65 9	65 10
65 15	65 11	64 53	64 56	65 1	65 1	65 10	65 9
65 14,3	65 10,7	64 53,3	64 56,3	65 0,7	65 1,0	65 9,3	65 9,3
65° 12',5		64° 54',8		65° 0',9		65° 9',3	
65° 3',7				65° 5',1			
65° 4',4							

Durée de dix oscillations 32^s*Deuxième aimantation (marque en haut)*Durée de dix oscillations 31^s,5

Marque en avant				Marque en arrière			
Face Est, 211° 11'		Face Ouest, 31° 11'		Face Ouest, 31° 11'		Face Est, 211° 11'	
Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas
65° 48'	65° 48'	65° 56'	65° 56'	66° 8'	66° 4'	65° 39'	65° 44'
65 53	65 53	65 54	65 53	66 7	66 3	65 39	65 44
65 54	65 54	65 52	65 53	66 5	66 1	65 39	65 43
65 51,7	65 51,7	65 54,0	65 54,0	66 6,7	66 2,7	65 39,0	65 43,7
65° 51',7		65° 54',0		66° 4',7		65° 41',4	
65° 52',9				65° 53',1			

Première aimantation, Inclinaison	65° 53',0
	65° 4',4
	65° 28',7 vers 9 ^h 50 ^m du matin.

CHAPITRE IV.

BOUSSOLE D'OSCILLATION

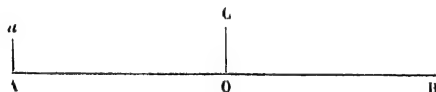
La boussole d'oscillation a pour but de déterminer l'intensité de la composante horizontale de la force magnétique terrestre par la méthode des oscillations

Elle se compose d'une boîte cylindrique en bois dans laquelle se meut l'aiguille, et d'un tube en verre, contenant le fil de suspension, et terminé par une plate-forme circulaire qui ferme la boîte

Le fil est enroulé à la partie supérieure du tube sur un petit tambour commandé par une vis qui permet de soulever ou d'abaisser l'aiguille.

Celle-ci AB (*fig. 6*) est suspendue par un crochet central OC dont la

Fig 6



longueur est suffisamment grande pour que l'aiguille se maintienne horizontale indépendamment des variations de l'inclinaison

Un index en cuivre Aa permet de noter avec précision les passages de l'aiguille devant la croisée des fils du réticule d'un microscope placé en arrière de la boîte

Exposition de la méthode

On a montré plus haut, en parlant de la boussole I des frères Brunner, que, si le moment magnétique et le moment d'inertie d'une aiguille étaient absolument invariables, l'équation

$$(1) \quad H t^2 = \pi^2 \frac{K^2}{M}$$

permettrait de calculer la composante horizontale H' en un lieu quelconque

où l'on aurait mesuré la durée t' d'une oscillation de l'aiguille. Le produit Ht'^2 jouerait le rôle d'une véritable constante instrumentale, qu'il suffirait de déterminer une fois pour toutes.

Mais on a ajouté que le moment d'inertie et le moment magnétique variaient tous deux sous l'influence de la température, et ce dernier encore sous l'action du temps.

Il a été nécessaire, pour utiliser les résultats fournis par la boussole d'oscillation IV, d'étudier ces variations et de calculer les corrections qui en découlent.

L'élévation de la température augmente le moment d'inertie et diminue le moment magnétique de l'aiguille; elle augmente par conséquent la durée de l'oscillation, de sorte que, en admettant que cette augmentation se produise proportionnellement à l'élévation de la température, ce qui est très près de la vérité, on peut écrire

$$(11) \quad t_0 = t_0 (1 + c\theta)$$

Quand le coefficient c aura été déterminé, cette formule permettra de ramener une durée d'oscillation observée à la température θ à ce qu'elle aurait été si l'on eût observé à une température 0 adoptée comme terme de comparaison, et par conséquent d'éliminer dans le calcul du coefficient Ht^2 l'influence de la température.

Le moment magnétique M est aussi fonction du temps. L'aiguille perd peu à peu de son magnétisme, surtout quand l'aimantation est récente. D'où la possibilité d'une erreur dont on ne s'apercevra qu'en comparant dans un même lieu la durée de l'oscillation d'une aiguille à celle d'autres aiguilles étudiées parallèlement ⁽¹⁾, ou en s'arrêtant à des stations où la composante horizontale est connue. On pourra être conduit alors à apporter dans le cours d'une campagne au coefficient Ht^2 des corrections *additives* successives ⁽²⁾.

(1) Pour que ce contrôle soit efficace, il faudrait que chaque boussole fut pourvue de trois aiguilles. Il y a pour cela exactement les mêmes raisons que celles qui conduisent à exiger trois chronomètres au moins pour assurer la détermination de l'heure à bord d'un bâtiment.

(2) Dans l'hypothèse où le coefficient Ht^2 employé serait sans erreur, l'équation (1) donne

$$\frac{\partial Ht^2}{\partial t} = -2 \frac{\partial t}{t}$$

L'erreur relative commise sur la composante horizontale est donc double de l'erreur relative

Plus l'aimantation sera vieille, plus l'équilibre magnétique de l'aiguille sera stable généralement. C'est ce qui s'est trouvé vérifié sur les deux aiguilles de notre boussole dont l'aimantation remontait à cinq années; on a pu, pendant une absence de huit mois, conserver invariable le coefficient Ht^2 de l'aiguille n° 1 et l'on n'a dû augmenter celui de l'aiguille n° 2 que de moins de 0,02 de sa valeur

Détermination du coefficient de température

Les circonstances n'ayant pas permis de déterminer avant le départ le coefficient de température des aiguilles de la boussole d'oscillation, on a dû effectuer cette recherche en cours de campagne. Le procédé qu'il a fallu employer et qui, bien que grossier, a paru donner de bons résultats est le suivant :

Pendant un séjour de trois mois au Cerro-Negro (Chili), la boussole d'oscillation avait été disposée pour servir d'instrument de variation et consultée régulièrement chaque jour, matin et soir (Chapitre V). Dans la série de ces observations journalières, les unes ont été faites en plein soleil, avec une température intérieure de la boîte dépassant 40° , d'autres par des temps couverts à une température très inférieure

Si l'on admet que la valeur de la composante horizontale, en un même lieu et à la même heure, soit à peu près constante pendant une période déterminée, on trouvera dans l'étude des résultats un moyen de déterminer le coefficient de température. Il suffira en effet de comparer la moyenne des durées d'oscillations mesurées à basse température et celle des durées d'oscillations mesurées à haute température, pendant la période envisagée. Il est clair que les valeurs anormales, correspondant à des orages magnétiques, devront être écartées de la moyenne

Le Tableau ci-après comprend tous les résultats qui ont pu être conservés ⁽¹⁾

commise sur la mesure de la durée de l'oscillation. Il en résulte que la méthode des oscillations permet de déterminer la valeur de la composante horizontale avec d'autant plus de précision qu'on se rapproche davantage du pôle magnétique

(1) Pour les observations du matin, on a gardé comme basses températures toutes celles égales ou inférieures à 23° , comme hautes températures toutes celles égales ou supérieures

Les observations du matin sont divisées en deux groupes : le premier s'étendant du 15 octobre au 15 novembre 1882, le second s'étendant du 15 novembre au 15 décembre.

Celles du soir, satisfaisant à la condition d'être faites à des températures assez différentes, étant moins nombreuses, ne forment qu'un seul groupe.

à 30°. Pour les observations du soir, les limites inférieure et supérieure adoptées sont 19° et 26°

Les observations faites à des températures intermédiaires n'ont pas été utilisées

Si les variations des durées d'oscillations n'avaient dépendu uniquement que des variations de la température, il aurait été indifférent de conserver toutes les observations, celles qui se seraient trouvées faites à la température moyenne auraient été simplement sans action sur le résultat. Mais il ne faut pas oublier 1° que l'hypothèse qui a été faite d'une composante horizontale constante n'est pas rigoureuse, 2° que chaque observation est affectée d'une erreur propre accidentelle. Or ces causes d'erreur affectent aussi fortement les observations faites à la température moyenne que celles où le coefficient de température a un multiplicande considérable, si donc on avait conservé beaucoup des premières, la différence de durées d'oscillations inhérentes aux variations de température auraient pu se trouver noyées dans les différences dues aux deux autres causes.

OBSERVATIONS DU MATIN

OBSERVATIONS DU SOIR

BASSE TEMPERATURE					HAUTE TEMPERATURE					BASSE TEMPERATURE					HAUTE TEMPERATURE					
Dates	Durée de cent oscillations		Température	Durée de cent oscillations		Température	Durée de cent oscillations		Température	Dates	Durée de cent oscillations		Température	Durée de cent oscillations		Température	Dates	Durée de cent oscillations		Température
	m s	°		m s	°		m s	°			m s	°		m s	°			m s	°	
18 oct	13,1	21		13,2	46		12,7	20		16 nov	13,1	39		12,1	18		19 oct	13,8	30	
21	12,1	15		14,5	36		12,5	19		17	14,4	42		11,5	19		10	13,3	26	
31	12,7	23		14,3	45		12,4	20		18	13,6	41		12,1	18		11	13,1	26	
8 nov	12,3	20		15,1	35					20	15,7	41		11,6	14		1 nov	12,8	32	
9	12,0	17		14,7	32			20		21	14,1	44		11,0	19		3	13,1	27	
10	12,5	20		14,6	39			21		22	14,5	45		11,9	15		5	12,5	28	
Moy	12,5	19						25		24	13,9	44		11,7	19		8	12,5	26	
				15,6	40			27		25	14,1	34		12,6	18		15	12,0	26	
				13,8	35			27		27	13,6	42		11,4	14		16	12,1	26	
				13,1	33			29		29	14,4	45		11,8	17		18	12,7	28	
				13,3	40			30		30	15,3	45					19	12,4	30	
				14,0	30			2 dec		3	15,1	45					20	12,8	28	
				14,3	38			3		2	15,0	45					21	13,7	35	
				12,9	33			9		9	14,8	42					23	12,7	27	
				13,7	36			10		10	15,1	47					27	13,1	31	
				14,2	37			11		11	14,8	42					29	12,3	26	
								12		12	14,2	38					1 dec	13,2	26	
								13		13	14,4	40					7	12,5	26	
								14		14	14,9	44					10	13,8	41	
								15		15	15,9	45					11	13,1	36	
								Moy		Moy	14,5	42					12	13,7	31	
																	13	13,4	35	
																	14	13,3	40	
																	Moy	13,0	30	

Du premier groupe du matin on déduit que l'élévation de la température de 1° augmente la durée de 100 oscillations de l'aiguille de

$$\frac{4^m 14^s, 2 - 4^m 12^s, 5}{37 - 19} = 0^s, 094$$

Le deuxième groupe du matin donne pour valeur correspondante

$$\frac{4^m 14^s, 5 - 4^m 12^s, 5}{42 - 20} = 0^s, 091$$

Le groupe du soir donne

$$\frac{4^m 13^s, 0 - 4^m 11^s, 8}{30 - 17} = 0^s, 092$$

On adoptera la moyenne 0^s, 092

Mais au Cerro-Negro, la durée de 100 oscillations de l'aiguille, à la température de 25° qui sera prise comme température de comparaison ⁽¹⁾, est environ 253^s. L'élévation de la température de 1° augmente donc la durée de l'oscillation de $\frac{0,092}{253} = 0,00036$ de sa valeur, et la formule (11) s'écrit

$$t_0 = t_0(1 + 0,00036\theta)$$

On évalue quelquefois le coefficient de température relativement au moment magnétique de l'aiguille. Si l'on fait abstraction des variations du moment d'inertie, on peut écrire

$$\frac{M_0}{M_0} = \frac{t_0^2}{t_0^2} = (1 + 0,00036\theta)^2 \quad (1),$$

(1) On a adopté comme température de comparaison celle de 25°, parce que c'est à peu près la température moyenne de toutes les observations et qu'on donne ainsi le moins d'influence possible à l'erreur commise sur la détermination du coefficient de température.

(2) L'équation complète serait

$$\frac{M_0}{M_0} = \left(\frac{t_0}{t_0}\right)^2 \frac{K_0^2}{K_0^2},$$

K_0^2 et K_0^2 représentant les moments d'inertie de l'aiguille aux températures 0 et θ . On doit

$(1 + 0,0036\theta)^2$ est sensiblement égal à

$$1 + 2 \times 0,00036\theta = 1 + 0,00072\theta;$$

par conséquent,

$$M_\theta = \frac{M_0}{1 + 0,00072\theta},$$

remarquer immédiatement que, $\frac{K_0^2}{K_\theta^2}$ étant inférieur à l'unité, la valeur 0,00072, trouvée pour le coefficient de température relatif au moment magnétique, est trop forte. Il serait difficile d'évaluer l'erreur commise avec les aiguilles de la boussole d'oscillation, qui n'ont pas une forme géométrique, mais, afin de se rendre compte de son importance, on va prendre un exemple.

Soit une aiguille ayant (unités C G S) 10° de longueur, 0°,5 de largeur et 0°,1 d'épaisseur à la température de 25°. Sa masse est

$$10 \times 0,5 \times 0,1 \times 7,8 = 3,9,$$

7,8 étant la densité de l'acier à 25°, et son moment d'inertie est

$$K_0^2 = 3,9(10^3 + 0,5^2) = 390,975$$

D'un autre côté, le coefficient de dilatation de l'acier trempé est 0,0000124. Le moment d'inertie de l'aiguille à une température supérieure de 1° est donc

$$K_1^2 = 390,975 \times 1,0000124^2$$

ou sensiblement

$$K_1^2 = 390,975 \times 1,0000248$$

Par conséquent,

$$\frac{M_0}{M_1} = \left(\frac{t_1}{t_0}\right)^2 \times \frac{1}{1,0000248}$$

Si l'on suppose que, pour l'aiguille qui sert d'exemple, on ait trouvé une valeur $\frac{t_1}{t_0}$ égale à celle déterminée pour l'aiguille de la boussole, $\frac{t_1}{t_0} = 1,00036$, alors

$$\frac{M_0}{M_1} = 1,00072 \times \frac{1}{1,0000248} = 1,00069$$

$$\left(\frac{t_1}{t_0}\right)^2 = 1,0000248 \times 1,00069,$$

équation qui montre que, dans l'augmentation de la durée d'oscillation de l'aiguille considérée, sous l'influence de la température, l'augmentation du moment d'inertie entre pour les $\frac{14}{1000}$ seulement, et la diminution du moment magnétique pour les $\frac{69}{1000}$.

ou, en négligeant encore le carré de $0,00072\theta$,

$$M_{\theta} = M_0(1 - 0,00072\theta),$$

$0,00072$ est le coefficient de température relatif aux variations du moment magnétique de l'aiguille considérée.

Ces calculs correspondent à des observations faites avec l'aiguille n° 2, il n'a pas été possible de les répéter avec l'aiguille n° 1. On a cependant admis, à cause de l'identité de forme et de moment magnétique des deux aiguilles, que leurs coefficients de température devaient peu différer. Toutefois, cette hypothèse n'étant pas certaine, on a toujours employé l'aiguille n° 2 de préférence à la première.

Les valeurs de la constante Ht^2 pour les deux aiguilles ont été obtenues, comme le montre le Tableau ci-après, en combinant les durées des oscillations de chacune d'elles avec la valeur de la composante horizontale mesurée d'une façon absolue avec la boussole I au parc magnétique de Saint-Maur avant le départ et au retour, et en général dans toutes les stations où l'on a pu faire avec les deux instruments des observations simultanées.

Détermination de Π au moyen de la boussole d'oscillation du Depot de la Marine

LIEUX d'observation	DATES	HEURES		VALEURS absolues de Π déterminées avec la boussole n°1	AIGUILLE N° 1				AIGUILLE N° 2								
		Temps moyen local	Temps moyen d. Paris		Durée de l'oscil- lation observée	Température	Durée d'une oscillation à la température de 25°	Π / calculé après les notions absolues	Π / adopté conclu	Durée d'une oscil- lation observée	Température	Durée d'une oscillation à la température de 25°	Π / calculé après les notions absolues	Π / adopté conclu			
Parc de St-Maur St-Vincent (')	1882																
	26 juin	3,0 S	3,0 S	0,1948	3,013	30	3,008	1,753	1,747	3,022	30	3,017	1,773	1,776	0,1951	0,1951	conclu
	27 juin	10,8 M	10,8 M	0,1943	2,999	23	3,001	1,750	1,747	3,038	33	3,030	1,784	1,776	0,1934	0,1934	
	27 juin	3,0 S	3,0 S	0,1943	3,002	27	3,000	1,749	1,747	3,029	27	3,027	1,780	1,776	0,1938	0,1938	
	24 juill	1,0 S	1,0 S	0,2838	2,495	32	2,480	1,758	1,747	2,517	32	2,511	1,780	1,776	0,2817	0,2817	
	24 juill	1,5 S	1,5 S	0,2838	2,493	33	2,486	1,754	1,747	2,517	33	2,511	1,780	1,776	0,2817	0,2817	
	3 août	10,0 M	10,0 M	0,2592	2,593	31	2,588	1,732	1,747	2,614	27	2,612	1,761	1,776	0,2603	0,2603	
	8 août	1,0 S	1,0 S	0,2636	2,560	19	2,565	1,734	1,747	2,605	15	2,605	1,776	1,776	0,2603	0,2603	
	19 août	5,2 S	5,2 S	0,2793	2,481	15	2,493	1,736	1,747	2,519	18	2,514	1,771	1,776	0,2810	0,2810	
	30 août	9,3 M	9,3 M	0,2778	2,499	16	2,507	1,746	1,747	2,526	18	2,526	1,773	1,776	0,2784	0,2784	
Santiago	30 août	9,5 M	9,5 M	0,2778	2,494	16	2,502	1,749	1,747	2,530	18	2,530	1,773	1,776	0,2783	0,2783	
	30 août	9,7 M	9,7 M	0,2778	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2766	0,2766	
	16 oct	9,5 M	9,5 M	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2781	0,2781	
	23 oct	8,5 M	8,5 M	0,2774	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2781	0,2781	
	26 nov	9,5 M	9,5 M	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2781	0,2781	
Cochimbo	1883																
	1 janv	8,5 M	8,5 M	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
	2 janv	8,0 M	8,0 M	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
	3 janv	8,5 M	8,5 M	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
	3 janv	1,6 S	1,6 S	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
Antofagasta	4 janv	9,4 M	9,4 M	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
	5 janv	8,5 M	8,5 M	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
	5 janv	1,3 S	1,3 S	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
	5 janv	1,7 S	1,7 S	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
	5 janv	8,7 M	8,7 M	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
Iquique	6 janv	9,0 M	9,0 M	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
	6 janv	2,0 S	2,0 S	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
	6 janv	9,6 M	9,6 M	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
	7 janv	4,8 S	4,8 S	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
	7 janv	3,8 S	3,8 S	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
Le Callao Chorrillos	8 janv	6,0 S	6,0 S	0,2781	2,500	16	2,508	1,747	1,747	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2790	0,2790	
	1 fevr	1,8 S	1,8 S	0,1950	3,012	23	3,014	1,771	1,763	3,036	23	3,036	1,809	1,802	0,1952	0,1952	
	2 juin	2,0 S	2,0 S	0,1950	3,005	23	3,007	1,763	1,763	3,036	23	3,036	1,809	1,802	0,1954	0,1954	
	2 juin	2,0 S	2,0 S	0,1950	3,012	23	3,014	1,771	1,763	3,036	23	3,036	1,809	1,802	0,1954	0,1954	
	2 juin	2,8 S	2,8 S	0,1950	3,007	23	3,007	1,763	1,763	3,036	23	3,036	1,809	1,802	0,1954	0,1954	
Parc de St-Maur	3 juin	9,8 M	9,8 M	0,1950	3,004	22	3,007	1,763	1,763	3,036	22	3,036	1,809	1,802	0,1954	0,1954	
	3 juin	10,5 M	10,5 M	0,1950	3,005	23	3,007	1,763	1,763	3,036	23	3,036	1,809	1,802	0,1954	0,1954	
	3 juin	10,5 M	10,5 M	0,1950	3,005	23	3,007	1,763	1,763	3,036	23	3,036	1,809	1,802	0,1954	0,1954	
	3 juin	10,5 M	10,5 M	0,1950	3,005	23	3,007	1,763	1,763	3,036	23	3,036	1,809	1,802	0,1954	0,1954	
	3 juin	10,5 M	10,5 M	0,1950	3,005	23	3,007	1,763	1,763	3,036	23	3,036	1,809	1,802	0,1954	0,1954	

Coefficient de température employé 0,00036

Le volcanique Les valeurs brutes, sans aucune correction, ont été effectuées

Coefficient de température employé 0,00036

Les valeurs brutes, sans les corrections, ont été effectuées

Detail d'une observation

Poser l'instrument sur son pied, solidement fixé et orienté de telle sorte que l'axe optique de la lunette ait à peu près la direction du méridien magnétique

Placer dans le fond de la boîte un petit thermomètre qui indiquera la température de l'aiguille ⁽¹⁾, accrocher celle-ci au fil de suspension, renverser avec précaution le tube en verre et le mettre en place au-dessus de la boîte

Manœuvrer convenablement les vis calantes pour que le fil de suspension occupe l'axe du tube en verre

Abaisser l'aiguille jusqu'à la faire reposer dans le fond de la boîte et la soulever doucement; recommencer cette opération jusqu'à ce que ses oscillations soient devenues très faibles

Régler finalement la hauteur de la suspension de l'aiguille de façon que la pointe effilée soit à 2^{mm} environ au-dessus du secteur gradué.

Manœuvrer la vis de rappel qui commande le mouvement du microscope jusqu'à égaliser les petites oscillations que décrit l'index de l'aiguille de part et d'autre de la croisée des fils

Attendre que le mouvement pendulaire de l'aiguille soit complètement arrêté; puis approcher l'autre aiguille de la boussole de façon à communiquer à celle qui est suspendue un mouvement d'oscillation de 7° à 8°

Lorsque l'amplitude totale de l'oscillation est réduite à 5° environ, lire le thermomètre intérieur et se mettre en observation

Compter 100 oscillations en procédant comme il a été expliqué pour la boussole I.

Aussitôt après, lire l'amplitude restante et la température


On vérifiera immédiatement s'il n'y a pas eu d'erreur de seconde ou de dizaine de seconde dans le comptage, et si l'on ne s'est pas trompé quant au nombre des oscillations.

(1) Il serait tout à fait insuffisant de noter la température de l'air extérieur, la platine en verre, qui ferme la boîte, transforme en effet celle-ci, quand le Soleil donne, en une véritable serre, de telle sorte que la température intérieure est supérieure parfois de 15° ou 20° à celle de l'air ambiant

La correction relative à l'amplitude (') et celle relative à la température se feront pour l'amplitude et la température moyennes

(¹) La correction relative à l'amplitude est négligeable si l'on s'est enfoncé dans les limites indiquées

Vou, dans le cas contraire le Tableau donné dans les *Conférences* de M Mascart



CHAPITRE V.

DÉTERMINATION DE LA VARIATION DES ELEMENTS MAGNÉTIQUES

A défaut d'instruments spéciaux pour la mesure des variations des éléments du magnétisme terrestre, on a pensé que l'on pourrait tirer quelques utiles résultats des boussoles I, III et IV, en les installant à poste fixe, dans les conditions les plus favorables, et en les consultant régulièrement, plusieurs fois dans la journée et aux heures qu'il fut possible de réserver en tenant compte des travaux multiples de la Mission.

L'emplacement destiné au petit observatoire magnétique a été choisi à l'extrémité opposée de la vaste prairie dans laquelle on construisait l'observatoire astronomique du Cerro-Negro, à 80^m au moins du chemin, et plus loin encore de toute habitation. Le sol était d'ailleurs sans influence locale, ainsi qu'on a pu s'en assurer par la concordance des résultats d'observations effectuées simultanément sur le lieu même et à plusieurs centaines de mètres de l'observatoire.

Un solide pilier, entouré d'une tente spéciale, avait été bâti pour recevoir la boussole de voyage destinée à donner les variations de la déclinaison, à 50^m, dans le nord de celle-ci, la boussole d'inclinaison reposait sur un pilier semblable et était protégée par une vaste caisse mettant l'instrument parfaitement à l'abri, enfin, à 50^m de ces deux instruments et dans l'Est, était installée la boussole d'oscillation sur un pied à trois branches.

La stabilité des piliers n'a rien laissé à désirer. On vérifiait chaque jour la position de la boussole de déclinaison par des relèvements de points fixes et éloignés, dont on a soigneusement déterminé les azimuts. Plusieurs observations absolues ont été effectuées pendant cette période avec les deux aiguilles de chaque instrument, dans le but de contrôler les indications de celles avec lesquelles on opérait chaque jour.

L'observatoire magnétique a fonctionné du 16 octobre au 23 décembre 1882. Sauf quelques rares exceptions, dues à des empêchements de force

majeure, les instruments ont été généralement consultés deux fois par jour, le plus souvent vers 9^h du matin et 5^h du soir, temps moyen du lieu. On a fait, en outre, un certain nombre d'observations intermédiaires. Les résultats obtenus avec chacun des instruments vont être successivement donnés.

BOUSSOLE DE VOYAGE I.

L'aiguille 2 a été constamment employée dans la position *marquée dessus*, le cercle zénithal de l'instrument étant à l'*Ouest*. La comparaison des résultats des mesures absolues avec la moyenne des pointes Nord et Sud de chaque observation a montré qu'il faut retrancher 0',5 de ces moyennes pour obtenir la trace du méridien magnétique.

L'azimut vrai de la pointe de la toiture du Cerro-Negro étant *Sud* $44^{\circ}53',7$ *Est*, et le relèvement de ce point étant $155^{\circ}21',9$ jusqu'au 16 novembre, et $155^{\circ}22',8$ depuis le 16 novembre jusqu'à la fin, on en conclut que le relèvement du Nord vrai est $20^{\circ}15',6$ pendant la première période et $20^{\circ}16',5$ pendant la seconde. Ces nombres, retranchés de ceux qui correspondent à la trace du méridien magnétique déterminée ainsi qu'il a été dit, fournissent la déclinaison pour l'heure de l'observation.

OBSERVATOIRE MAGNÉTIQUE DU CERRO-NEGRO (CHILI)

Latitude 33° 36' Sud
Longitude 4^h 52^m, 1 Ouest

(Boussole de voyage de Brunner)

Determination des variations de la déclinaison

Cercle zénithal dans l'Ouest Arguille n° 2, marque dessus

Dates	Heures	Observations du matin		Heures	Observations du soir	
		Moyennes des pointes Nord et Sud	Déclinaisons conclues		Moyennes des pointes Nord et Sud	Déclinaisons conclues
1882						
17 Oct	8,7	36° 22,1	16° 6,0 Est	5,8	36° 25,0	16° 8,9 Est
18	7,2	23,3	7,2	5,3	27,3	11,2
19	8,8	25,5	9,4	5,0	26,1	10,0
20	5,3	25,5	9,4	"	"	"
20	9,3	24,0	7,9	4,8	27,7	11,6
21	8,7	22,5	6,4	5,3	28,8	12,7
22	8,7	24,9	8,8	5,5	32,0	15,0
23	7,6	26,9	10,8	"	"	"
23	9,8	24,5	8,4	5,3	28,0	11,9
23	11,2	26,2	10,1	"	"	"
24	8,7	25,4	9,3	5,2	29,9	13,8
25	9,3	27,6	11,5	4,8	30,9	14,8
26	8,8	25,9	9,8	4,7	28,0	11,9
27	8,8	23,8	7,7	5,7	28,5	12,4
28	9,0	26,8	10,7	"	"	"
29	8,7	25,6	9,5	4,8	33,0	16,9
30	8,7	24,6	8,5	4,7	29,3	13,2
31	8,8	23,6	7,5	4,8	30,3	14,2
1 Nov	8,8	25,5	9,4	4,7	31,1	15,0
2	"	"	"	4,7	32,9	16,8
2	8,7	23,0	6,9	4,7	28,6	12,5
3	8,7	27,0	10,9	4,7	29,5	13,4
4	8,2	23,9	7,8	5,7	27,8	11,7
5	8,8	24,3	8,2	5,2	28,2	12,1
6	"	"	"	4,8	28,3	12,2
7	"	"	"	4,8	28,5	12,4
8	8,8	26,4	10,3	4,8	28,9	12,8
9	8,8	26,1	10,0	4,8	29,6	13,5
10	8,8	24,0	7,9	4,8	30,3	14,2
11	"	"	"	4,7	30,0	13,9
12	8,8	30,8	14,7	5,2	33,6	17,5

Dates	Observations du matin			Observations du soir		
	Heures	Moyennes des pointes Nord et Sud	Declinaisons conclues	Heures	Moyennes des pointes Nord et Sud	Declinaisons conclues
1882						
13 Nov	h	°	°	h	°	°
15	»	»	»	1,8	36° 33',4	16° 17',3 Est
16	8,8	36 24,7	16 8,6 Est	4,8	30,1	14,3
17	8,7	26,4	10,3	5,0	29,4	13,3
				4,8	31,0	14,9
18	8,8	37,0	20,9	4,8	33,6	17,5
19	8,8	23,0	6,9	5 0	29,8	13,7
20	8,8	11,6	25,5	5,3	32,3	16,2
21	8,8	29,8	13,7	4,8	35,6	19,5
22	9,8	33,3	17,2	4,8	28,6	12,5
23	8,8	26,2	10,1	5,0	29,3	13,2
24	9,2	28,8	12,7	5,7	29,1	13,0
25	9,2	24,2	8,1	»	»	»
26	7,2	26,0	9,0	»	»	»
26	8,5	27,2	10,2	5,7	29,8	12,8
26	10,1	28,0	11,0	»	»	»
26	10,1	29,7	12,7	»	»	»
27	8,8	26,8	9,8	5,2	28,0	11,0
28	9,2	26,3	9,3	»	»	»
29	8,8	26,4	9,4	4,8	26,1	9,1
30	9,3	26,4	9,4	5,7	28,0	11,0
1 Déc	9,5	26,8	9,8	5,3	28,0	11,0
2	10,2	30,6	13,6	6,3	28,8	11,8
3	10,2	30,0	13,0	5,7	26,9	9,9
4	»	»	»	6,8	27,0	10,0
6	7,2	27,1	10,1	6,7	24,2	7,2
7	»	»	»	6,2	24,0	7,0
9	9,7	24,6	7,6	»	»	»
10	11,2	27,3	10,3	5,0	26,3	9,3
11	8,7	23,6	6,6	4,7	25,5	8,5
12	8,7	26,0	9,0	4,8	25,5	8,5
13	8,8	25,1	8,1	4,8	24,8	7,8
14	9,3	24,6	7,6	4,8	25,4	8,4
15	8,7	24,0	7,0	5,2	23,5	6,5
16	9,2	26,1	9,4	»	»	»
17	10,2	25,8	8,8	6,7	25,4	8,4
18	»	»	»	5,7	24,9	7,9
19	9,5	29,0	12,0	»	»	»
19	midi	31,0	14,0	»	»	»
20	9,0	25,8	8,8	»	»	»
21	7,0	27,7	10,7	4,0	28,7	11,7
22	7,0	25,6	8,6	»	»	»

Si l'on répartit ces résultats en quatre groupes à peu près égaux et si, dans chacun de ces groupes, on fait la moyenne des déclinaisons obtenues aux environs de 9^h du matin et de 5^h du soir, en comprenant par ailleurs les observations moins nombreuses effectuées à des heures intermédiaires dans des moyennes se répartissant sur toute la durée des opérations et correspondant à peu près aux mêmes moments de la journée, on obtient les valeurs suivantes.

Dates	Observations du matin			Observations du soir		
	Heure t moy local	Nombre des determin	Valeur moy de la declinaison	Heure t moy local	Nombre des determin	Valeur moy de la declinaison
Du 17 oct au 1 ^{er} nov 1882	8,9 ^h	14	16° 8,8 E	5,1 ^h	14	16° 12,8 E
Du 1 ^{er} nov au 15 nov 1882	8,7	9	9,6	4,9	14	13 8
Du 15 nov au 1 ^{er} déc 1882	8,9	10	9,8	5,2	8	12,3
Du 1 ^{er} déc au 23 déc 1882	9,1	10	8,5	5,0	10	9,0
Du 17 oct au 23 déc 1882	7,2	6	9,4	0,8	2	15,4
Du 17 oct au 23 déc 1882	10,5	7	11,4	6,5	5	8,9

L'inspection de ces résultats montre que, comme dans nos latitudes, la déclinaison croît depuis le matin jusqu'à midi, et qu'elle passe par un maximum entre midi et 4^h pour décroître ensuite rapidement.

Les nombres compris dans la période qui s'étend du 17 au 23 novembre ont été écartés des moyennes. Cette période correspond, en effet, à une série de perturbations magnétiques intenses constatées par les résultats anormaux fournis par l'instrument.

En même temps que ces troubles magnétiques se sont produits, ont apparu des phénomènes électriques qui se sont manifestés dans les lignes télégraphiques du Chili. Dans la soirée du 17 novembre, vers 9^h du soir, au milieu des échanges de signaux destinés à la détermination de la différence de longitude entre le Cerro-Negro et Santiago, toute communication fut subitement interrompue entre les observateurs. Il y eut de même à plusieurs reprises des interruptions sur un grand nombre de lignes aériennes. Les lignes sous-marines n'ont pas été moins éprouvées, ainsi que le constate l'extrait suivant, tiré du registre du *West coast America telegraph* dans le bureau de Valparaiso. « Le 17 novembre 1882, le travail des communications télégraphiques a été considérablement ralenti par

suite de forts courants de terre qui se sont manifestes entre 10^h du matin et 2^h de l'après-midi. A partir de ce moment, ils sont devenus plus faibles et n'ont pas interrompu sérieusement l'interprétation des signaux lumineux. L'amplitude du déplacement de l'arc lumineux sur l'échelle graduée atteignait environ 30 pouces, tandis que la deflexion ordinaire est généralement comprise entre $\frac{1}{2}$ pouce et 1 pouce. Le phénomène durait cinq ou six secondes avec des intermittences de une ou deux minutes. »

Les renseignements ultérieurs ont fait connaître que cette perturbation ne s'est pas localisée au Chili et qu'elle a été ressentie dans les contrées les plus éloignées

BOUSSOLE D'INCLINAISON III

L'expérience qui en a été faite à l'observatoire magnétique du Cerro-Negro a paru démontrer que l'emploi de la boussole de Gambey se prêtait peu, comme on pouvait le prévoir, à la détermination des variations de l'inclinaison.

On voit, en examinant le Tableau ci-joint, que les pointés faits matin et soir sur les extrémités de l'aiguille, ou ceux obtenus d'un jour à l'autre, présentent souvent entre eux une différence beaucoup plus considérable que celle qu'il serait permis d'attribuer aux variations diurnes de l'élément magnétique.

L'encrassement des agates et tourillons, qu'on ne saurait nettoyer sans changer le point de suspension de l'aiguille, et l'humidité dont il a été impossible, malgré tous les soins, de préserver entièrement l'instrument, sont certainement au nombre des causes qui ont ainsi faussé les résultats.

Les inclinaisons journalières ont été conclues de la différence entre la valeur trouvée par l'observation complète la plus voisine et celle fournie *dans le cours de cette observation* par la moyenne des pointés effectués dans la position où l'on a conservé l'aiguille, c'est-à-dire *marque en bas, marque en arrière, face Est*

La désaimantation successive de l'aiguille, dont l'excentricité du centre de gravité est assez considérable, se produisant d'une observation à l'autre, a sans doute encore été un élément d'erreur

OBSERVATOIRE MAGNÉTIQUE DU CERRO-NEGRO (CHILI)

Latitude 33° 36' Sud
Longitude 4^h 52^m, 1 Ouest

Determination des variations de l'inclinaison

(Boussole de Gambey n° 31)

Aiguille n° 2, marque en bas, marque en arrière, face Est

Date	Observations du matin			Observations du soir		
	Heures	Moyenne des pointes haut et bas	Inclinaison conclue	Heures	Moyenne des pointes haut et bas	Inclinaison conclue
1882						
17 Oct	8,9	33° 50,1	31° 2,5	6,0	33° 50,0	31° 2,4
18	"	"	"	5,5	66,0	38,4
19	9,0	44,8	33 57,2	"	"	"
20	9,5	44,0	56,4	5,0	54,4	6,8
21	8,9	51,5	31 3,9	5,5	44,3	33 56,7
22	8,8	43,7	33 56,1	5,6	47,0	59,1
23	"	"	"	5,4	56,6	31 9,0
24	8,7	45,4	31 6,2	5,2	20,3	33 11,1
25	9,4	26,7	33 17,5	4,8	15,7	31 6,5
26	8,8	32,8	53,6	4,7	43,8	4,6
27	8,8	20,3	41,1	5,7	22,8	33 13,6
28	9,0	50,8	31 11,6	"	"	"
29	8,7	46,0	6,8	4,8	50,8	34 11,6
30	8,7	31,2	33 55,0	4,8	12,2	3,0
31	8,8	30,6	51,4	4,8	17,5	33 18,3
1 Nov	8,8	20,0	10,8	4,7	29,0	49,8
2	8,8	14,7	35,5	4,8	20,7	41,5
3	8,8	11,0	31,8	4,8	15,6	36,4
4	8,3	12,0	32,8	5,7	14,4	35,2
5	8,8	25,8	46,6	5,2	28,1	19,2
6	"	"	"	4,8	17,6	38,1
7	"	"	"	4,8	18,6	39,4
8	8,8	20,6	41,4	4,8	14,8	15,6
9	8,8	16,6	36,4	4,9	19,0	39,8
10	8,8	13,2	34,0	4,8	18,4	39,2
11	"	"	"	4,8	19,3	10,1
12	8,8	11,7	32,5	5,2	20,6	41,4
13	"	"	"	4,8	21,2	42,0
14	"	"	"	6,8	18,8	39,6
15	"	"	"	4,8	15,5	36,3
16	8,8	13,8	34,6	5,0	14,6	35,1
17	8,7	19,3	40,1	4,8	23,9	44,7
18	8,8	15,7	36,5	4,8	20,0	40,8

B

12

Date	Observations du matin			Observations du soir		
	Heures	Moyenne des pointes haut et bas	Inclinaison conclue	Heures	Moyenne des pointes haut et bas	Inclinaison conclue
1882						
19 Nov	8,8 ^h	33° 17,3	33° 38,1	5,0 ^h	33° 15,5	33° 36,3
20	8,8	31,2	52,0	5,3	26,8	47,6
21	8,8	11,8	35,6	1,8	21,0	11,8
22	9,8	11,5	32,3	4,8	20,6	41,1
23	8,8	17,2	38,0	5,0	17,9	38,7
24	9,3	13,7	31,5	5,8	19,2	10,0
25	9,3	13,7	34,5	»	»	»
26	7,2	20,2	41,0	5,7	39,0	59,8
27	8,8	26,4	56,4	5,2	19,3	49,3
28	9,2	50,3	34 20,3	»	»	»
29	8,8	6,7	33 36,7	4,8	10,0	10,0
30	9,4	6,7	36,7	5,7	16,3	16,3
1 Déc	9,5	20,4	50,4	5,1	11,5	44,5
2	10,2	15,3	45,3	6,3	23,6	53,6
3	10,2	13,2	44,2	5,7	11,0	11,0
4	»	»	»	6,8	33,3	34 3,3
5	»	»	»	»	»	»
6	»	»	»	6,7	24,0	33 54,0
7	»	»	»	6,2	17,5	17,5
8	»	»	»	»	»	»
9	9,7	6,8	36,8	»	»	»
10	11,2	15,5	45,5	5,0	10,5	40,5
11	8,7	15,8	45,8	4,7	18,5	18,5
12	8,7	11,5	41,5	4,8	13,5	13,5
13	8,8	11,7	41,7	4,8	14,3	11,3
14	9,3	11,6	41,6	1,8	18,0	18,0
15	8,7	9,5	39,5	5,2	11,5	11,5
16	9,2	15,2	45,2	»	»	»
17	10,2	12,8	42,8	»	»	»
18	»	»	»	5,7	15,1	45,1
19	9,5	10,6	40,6	»	»	»

Ces résultats, groupés comme on l'a fait pour la boussole de déclinaison, donneraient les moyennes suivantes :

Dates	Observations du matin			Observations du soir		
	Heures t moy local	Nombre des determ	Valeur moy de l'inclinaison	Heures t moy local	Nombre des determ	Valeur moy de l'inclinaison
Du 17 oct au 1 ^{er} nov 1882	8,9 ^h	13	33° 53,0	5,2 ^h	13	33° 52,3
Du 1 ^{er} nov au 15 nov 1882	8,8	9	37,2	5,1	11	40,5
Du 15 nov au 1 ^{er} déc 1882	8,9	15	41,6	5,1	11	12,2
Du 1 ^{er} déc au 19 déc 1882	9,5	13	43 1	5,5	13	47,3

BOUSSOLE D'OSCILLATION IV

On a employé, pendant toute la durée des observations, l'aiguille n° 2. La durée d'une oscillation observée a été corrigée de l'amplitude et de l'influence de la température, dont le coefficient (0,00036) a été déterminé comme on l'a indiqué au Chapitre IV.

Enfin, des valeurs trouvées pour les durées d'oscillation ont été déduites les valeurs de la composante horizontale.

OBSERVATOIRE MAGNÉTIQUE DU CERRO-NEGRO (CHILI)

Latitude 33° 36' Sud
Longitude 4^h 52^m,1 Ouest

Détermination des variations de la composante horizontale

Boussole d'oscillation IV, aiguille n° 2

Dates	Observations du matin						Observations du soir					
	Heure	Durée d'une oscillation observée	Température	Amplitude moyenne	Durée d'une oscillation corrigée	Valeur de la composante H conclue	Heure	Durée d'une oscillation observée	Température	Amplitude moyenne	Durée d'une oscillation corrigée	Valeur de la composante H conclue
1882												
17 Oct	8,6	2,552	26°	»	2,551	0,2728	5,7	2,524	17°	»	2,531	0,2772
18	7,1	31	21	4°	34	65	5,2	50	20	4°	55	19
19	8,7	52	46	4	34	65	»	»	»	»	»	»
20	9,2	45	36	4	35	63	1,7	27	19°	7	30	74
21	8,6	21	15	5	29	76	5,2	23	19	7	26	83
22	8,6	43	15	5	24	88	5,1	27	»	»	»	»
23	»	»	»	»	»	»	5,2	25	17	6	31	72
24	8,6	21	17	1	31	72	5,1	26	19	7	29	76
25	9,2	51	35	4	42	48	4,8	41	31	6	35	63
26	8,7	191 ⁹	37	5	478 ⁹	0,2888 ⁹	4,6	29	16	6	36	61
27	8,7	547	32	5	510	0,2752	5,6	28	19	6	32	70
28	8,9	46	39	6	32	70	»	»	»	»	»	»
29	8,6	46	31	5	40	52	4,7	38	30	5	32	70
30	8,6	56	40	6	41	50	4,6	33	26	5	31	72
31	8,7	27	23	6	28	78	4,7	31	26	5	29	76
1 Nov	8,7	38	35	4	29	76	4,6	28	32	6	21	94
2	8,6	31	33	5	23	89	4,6	21	18	6	26	83
3	8,6	33	40	4	19	98	1,6	24	21	6	27	81
4	8,1	40	30	6	31	65	5,6	15	19	5	19	98
5	8,7	43	38	5	30	74	5,1	25	28	4	22	92
6	»	»	»	»	»	»	4,7	29	33	5	21	91
7	»	»	»	»	»	»	4,7	25	30	6	19	98

Dates	Observations du matin						Observations du soir					
	Heures	Durée d'une oscillation observée	Température,	Amplitude moyenne	Durée d'une oscillation corrigée	Valeur de la composante II conclue	Heure	Durée d'une oscillation observée	Température	Amplitude moyenne	Durée d'une oscillation corrigée	Valeur de la composante II conclue
1882												
8 Nov	8,7	2,523	20°	5°	2,527	81	4,7	2,525	26°	6°	2,523	89
9	8,7	20	17	5	26	83	4,7	21	18	5	26	83
10	8,7	25	20	5	29	76	4,7	16	14	5	25	85
11	»	»	»	»	»	»	4,6	10	19	5	15	0,2807
12	8,7	37	36	5	26	83	5,1	20	25	6	19	0,2798
13	»	»	»	»	»	»	4,7	19	15	5	27	81
14	»	»	»	»	»	»	6,7	11	20	4	16	0,2805
15	»	»	»	»	»	»	4,7	20	26	6	18	0,2800
16	8,7	31	39	3	18	0,2800	4,9	21	26	4	20	0,2796
17	8,6	44	42	5	27	0,2781	4,7	17	19	4	22	92
18	8,7	36	41	4	21	94	4,7	27	28	4	24	87
19	8,7	31	25	5	30	74	4,9	21	30	4	19	98
20	8,7	57	41	4	42	18	5,2	28	28	1	25	85
21	8,7	41	44	3	24	87	4,7	37	35	6	17	81
22	9,7	45	45	5	26	83	4,7	22	25	6	21	94
23	8,7	27	20	4	32	70	4,9	27	27	4	25	85
24	9,1	39	44	5	21	94	5,7	18	20	1	23	89
25	9,1	41	34	5	32	70	»	»	»	»	»	»
26	10,0	25	19	6	30	74	5,6	24	20	4	29	76
27	8,7	36	42	6	19	98	5,1	31	31	4	26	83
28	9,1	51	45	6	30	70	»	»	»	»	»	»
29	8,7	44	45	5	25	85	4,7	23	26	5	21	94
30	9,2	53	45	6	34	65	5,6	25	24	6	25	85
1 Déc	9,4	24	20	6	28	78	5,2	32	26	6	30	74
2	10,1	51	45	5	32	70	6,2	26	18	6	31	72
3	10,1	50	45	6	31	72	5,6	31	24	6	31	72
4	»	»	»	»	»	»	6,7	14	14	6	21	94
5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
6	7,1	»	»	»	»	»	6,6	21	22	5	13	89
7	»	»	»	»	»	»	6,1	25	26	5	23	89
8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
9	9,6	48	42	3	33	67	»	»	»	»	»	»
10	11,1	51	47	5	30	74	4,9	38	41	3	24	87
11	8,6	48	42	5	31	72	4,6	31	36	5	20	96
12	8,6	42	38	6	30	74	4,7	37	31	5	31	72
13	8,7	44	40	5	30	70	4,7	34	35	6	21	87
14	9,2	49	44	5	31	72	4,7	33	40	5	19	98
15	8,6	59	45	6	40	52	5,1	46	30	4	41	50
16	9,1	45	38	4	33	67	»	»	»	»	»	»
17	10,1	57	45	4	39	54	6,6	»	»	»	»	»
18	»	»	»	»	»	»	5,6	39	28	4	36	61
19	9,4	34	31	4	29	76	»	»	»	»	»	»

Ces résultats, groupés comme on l'a fait pour les boussoles de déclinaison et d'inclinaison, donnent les moyennes suivantes.

Dates	Observations du matin			Observations du soir		
	Heures t moy local	Nombre des determ	Valeur moy de la composante horizontale	Heures t moy local	Nombre des determ	Valeur moy de la composante horizontale
Du 17 oct au 1 ^{er} nov 1882	8,8 ^h	12	0,2762	5,0 ^h	12	0,2767
Du 1 ^{er} nov au 15 nov 1882	8,6	9	0,2781	4,9	15	0,2793
Du 15 nov au 1 ^{er} déc 1882	9,0	9	0,2778	5,2	7	0,2787
Du 1 ^{er} déc au 19 déc 1882	9,3	12	0,2769	5,4	13	0,2780

Il serait peut-être prématuré de tirer dès maintenant d'autres conclusions de ces moyennes, qui présenteront plus d'intérêt lorsqu'elles seront rapprochées d'observations correspondantes effectuées dans des régions voisines

CHAPITRE VI.

RESULTATS DES MESURES EFFECTUEES

Les Tableaux suivants fournissent les resultats des mesures effectuées au moyen des quatre instruments dont la Mission disposait. On trouvera, dans les exemples numériques contenus dans les premiers Chapitres, l'explication des éléments données dans les différentes colonnes.

D'après les conventions du début, les instruments sont désignés par des numéros :

- I Boussole de voyage de Brunner,
- II Théodolite-boussole de Hurlmann,
- III Boussole d'inclinaison de Gambey,
- IV. Boussole d'oscillation

Il ne reste plus qu'à dire quelques mots sur le choix du terrain d'observation et sur les renseignements accessoires.

Le terrain a toujours été choisi, avec le plus grand soin, loin de toute habitation, de tout ouvrage en fer, de fils télégraphiques, de routes pouvant faire craindre des conduites souterraines d'eau ou de gaz. Lorsque le sol présentait un aspect ferrugineux, on s'assurait de l'effet des pierres du voisinage sur l'aiguille aimantée. Ce choix du terrain est de la plus grande importance; la présence de quelque masse de fer ignorée ou d'oxyde de fer dans la constitution géologique du sol suffit pour produire des écarts souvent considérables dans les valeurs mesurées dans des lieux très rapprochés ⁽¹⁾. Les boîtes des instruments, le compteur et les objets en fer ou en nickel que l'observateur pouvait porter sur lui ont été éloignés à bonne distance.

Toutes les fois que les circonstances l'ont permis, on a effectué des

(1) Ce fait a été constaté d'une façon très évidente à Saint-Vincent (îles du cap Vert), bien que des blocs de pierre d'aspect ferrugineux et d'un volume atteignant plus de 2 décimètres cubes n'aient produit aucune déviation notable sur l'aiguille suspendue.

observations simultanées, en plaçant les instruments à 40^m au moins les uns des autres, afin qu'ils ne s'influencassent pas mutuellement, et les déterminations ont été répétées en des lieux différents on s'est ainsi soustrait plus sûrement aux influences locales

Lorsque des valeurs du même élément magnétique ont été obtenues simultanément par des déterminations absolues et au moyen de coefficients, on a pris pour *valeur adoptée* les résultats de la détermination absolue

Outre l'objet éloigné servant de repère, on a relevé, autant que possible, un certain nombre de points remarquables permettant de placer sur la carte le lieu d'observation et d'en déduire la latitude et la longitude, enfin, la température, la hauteur barométrique et l'altitude approchée de la station ont été notées avec soin

DECLINAISONS. — INCLINAISONS

INTENSITES HORIZONTALES DE LA FORCE MAGNÉTIQUE TERRESTRE

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIQU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES. NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Montsouris (1), Paris (France)	1882 26 mai	Lat 48°49' N Long 0°00',0	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 1 ^m ,50 dans le Sud du pilier destiné aux observations magnétiques Flèche de la coupole du Panthéon 206 11' Terrain gazonné	Ciel couvert Petite brise de S. N.
	27 mai	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Flèche de la coupole du Panthéon 92° 4' Clocher de Bicêtre 206 7 Terrain gazonné	Ciel très nuageux Faible brise de S.
	29 mai	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Flèche de la coupole du Panthéon 351° 50' Clocher de Bicêtre 105 53	Ciel couvert Faible brise de N.
	1 ^{er} juin	Idem	Escarpe du bastion 82 dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Clocher de Bicêtre 188° 5'	Beau ciel avec la brume Faible brise de N.
			à 25 ^m dans l'Ouest du pilier des fortifications Clocher de Bicêtre 33° 0' Terrain gazonné	Idem
Lisbonne (Portugal)	19 juill	Lat 38°43' N Long 0°45',70	Colline à 200 ^m dans le Nord du cimetière de l'Ouest, à 1500 ^m dans l'Est-Nord-Est de l'Observatoire royal Croix de l'église du cimetière 168° 47' Croix d'un monument dans le Nord du palais d'Ajuda 133 53 Terrain labouré	Très beau temps Faible brise de N.

(1) Le travail de la pose de gros tuyaux de fonte sur le boulevard Jourdan était en voie d'exécution

AISONS.

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS.	NUMERO de l'instrument	RELEVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			DECLINAISONS	
				Numero de l'aiguille	Relèvements du nord magnét	Heures, t. m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
0 15° B 753 ^{mm} ε 85 ^m	de Bernardières	II	208° 7',7	1 2	191° 35',6 191° 36',7	h 9,0 M 9,5 M	16° 32',1 O 16° 31,0	16° 32' O
0 20° B 760 ^{mm} ε 85 ^m	de Bernardières	I	76 52,0	2 1	60 19,4 60 22,0	10,0 M 10,5 M	16 32,6 16 30,0	16,31 O
0 16° B 763 ^{mm} ε 85 ^m	de Bernardières	I	336 38,0	2 1 2 1	320 05,8 320 05,0 320 06,5 320 05,5	7,6 M 8,0 M 8,3 M 10,8 M	16 32,2 16 33,0 16 31,5 16 32,5	16 32 O
0 15° B 759 ^{mm} ε 85 ^m	de Bernardières	I	58 50,0	1 2 1 1 2	42 14,0 42 18,1 42 19,1 42 17,4 42 18,0	7,8 M 8,1 M 8,4 M 8,8 M 9,2 M	16 36,0 16 31,9 16 30,9 16 32,6 16 32,0	16 32 O
Idem	Barnaud	II	263 49,0	1 2	247 17,0 247 16,2	9,7 M 10,7 M	16 32,0 16 32,8	
0 22° B 765 ^{mm} ε 25 ^m	de Bernardières	I	166 22,0	1 2	147 0,5 146 58,8	9,2 M 9,4 M	19 21,5 O 19 23,2	19 22 O

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Porto-Grande, St-Vincent ⁽¹⁾ (Îles du Cap Vert)	1882 24 juill	Lat 16°53' N Long 1°49',3 O	Plaine à environ 800m dans le Sud-Est du débarcadère Mât de pavillon du Fort 144°48' Terrain sablonneux, plante d'arbustes A 115m dans le Nord-Ouest de l'instrument I Terrain sablonneux, plante d'arbustes	Temps en partie couvert Petite brise d'E Idem
Rio de Janeiro (Brésil)	3 août	Lat 22°54' S Long 3°02',0 O	Colline en dehors de la ville et dans l'Ouest Mât de signaux près de l'observation 324°41' Milieu du Pain de Sucre 6°12' Terrain boisé, non défriché Colline en dehors de la ville et dans l'Ouest Mât de signaux 179°3' Pain de Sucre 320°50' Terrain boisé, non défriché	Alternat de temps clair et de nuages Presque calme Idem
Montevideo (Uruguay)	7 août	Lat 34°53' S Long 3°51',2 O	Fond de la baie de Montevideo, entre le chemin de fer del Norte et la plage Tour Sud-Est de la cathédrale 114°6' Phare (sommet du fort du Cerro) 192.6 Terrain sablonneux. Quelques herbes. A 60 metres dans l'Ouest-Sud-Ouest de l'instrument I Tour de la cathédrale 169°45' Phare du Cerro 248°47' Terrain gazonné avec quelques herbes	Ciel découvert forte brise de S et au début Petite brise aléatoire Idem
Talcahuano (Chili)	19 août	Lat 36°42' S Long 5°11',7 O	Colline au-dessus de la gare du chemin de fer, à 500m de cette gare Clocher de l'église 334°25' Mât du pavillon de l'hôpital 146°32' Terrain gazonné, avec quelques arbustes Instrument n° 1, à 120m 23°18' Clocher de l'église 10°49' Mât de pavillon de l'hôpital 23°19' Terrain sablonneux. Quelques herbes	Temps en partie couvert Soleil a de rares intervalles Presque calme Idem

(1) Ile volcanique. Les valeurs trouvées sont spéciales au lieu même où les observations ont été effectuées.

(2) Les nuages ont empêché d'observer le Soleil. On a pu rapprocher ces observations magnétiques de celles de la boussole de voyage au moyen d'un

aisons

TEMPERATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMERO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			DECLINAISONS	
				Numéro de l'aiguille	Relèvements du nord magnét	Heures, t m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
0 26° B 761 ^{mm} ε 3 ^m	de Bernardières	I	209° 9',5	1	189 59,0	11,9 M	19 10,5 O	"
				2	189 58,4	0,3 S	19 11,1	
				2	189 56,3	1,0 S	19 13,2	
				1	189 55,2	1,3 S	19 14,3	
				2	189 55,2	1,8 S	19 14,3	
Idem	Barnaud	II	29 1,7	1	9 36,5	1,0 S	19 25,2 O	"
				2	9 35,0	2,0 S	19 26,7	
0 20° B 769 ^{mm} ε 4 ^m	de Bernardières	I	43 55,7	2	39 15,4	9,4 M	4 42,3 O	"
				1	39 17,6	9,8 M	4 38,1	
				2	39 18,4	10,7 M	4 37,3	
Idem	Barnaud	II	78 20,5	1	73 40,7	9,3 M	4 39,8	4 30' O
				2	73 41,1	10,0 M	4 39,3	
0 19° B 761 ^{mm} ε 3 ^m	de Bernardières	I	297 21,0	1	305 35,0	4,0 S	8 14,0 L	8 14 E
				2	305 34,2	3,7 S	8 13,2	
				2	305 34,6	4,5 S	8 13,6	
Idem	Barnaud	II	173 57,5	1	182 11,9	3,7 S	8 14,4 E	"
				2	182 11,1	4,3 S	8 13,6	
0 17° B 766 ^{mm} ε 5 ^m	de Bernardières	I	4 34,0	2	21 44,9	0,2 S	17 10,9 L	17 14 E
				2	21 47,3	1,5 S	17 13,3	
				1	21 48,3	1,7 S	17 14,3	
				1	21 50,0	2,8 S	17 16,0	
Idem	Barnaud	II	(2)	1	238 23,2	1,0 S	"	"
				2	238 26,0	1 8 S	"	

relèvement commun dans lequel on avait placé les deux instruments

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELEVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Valparaiso (Chili)	1882 22 août	Lat 33° 1' S Long 4° 55' 7 O	Falaise entre le Cerro de l'artillerie et le phare, à 200 ^m de ce dernier Phare 309° 3' Terrain sablonneux, avec quelques herbes	Bonne brise de N-O
	1883 2 févr	Idem	Falaise dans le Nord-Ouest du Cerro de l'artillerie, à 1000 ^m dans l'Est du phare Phare 345° 15' Terrain sablonneux, avec quelques herbes	Temps découvert Brise de N-O, faible au début, fraîche à la fin des observations
Cerro-Negro, San Bernardo (Chili)	1882 16 oct	Lat 33° 36' S Long 4° 52' 1 O	Vaste prairie, à 500 ^m dans l'Est de l'observatoire magnétique du Cerro-Negro Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 353° 8' Prairie avec de hautes herbes	Ciel découvert Calme
			Observat magnétique du Cerro-Negro, pilier du Sud Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 155° 22' Prairie avec de hautes herbes	Idem
	23 oct	Idem	Observat magnétique du Cerro-Negro, pilier du Sud Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 155° 22'	Ciel découvert Calme
	26 nov	Idem	Observat magnétique du Cerro-Negro, pilier du Sud Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 155° 23'	Temps couvert et orageux Calme
Cauquenes, Cordillère des Andes (Chili)	25 dec.	Lat 34° 15' S Long 4° 52' 0 O	Parc des bains de Cauquenes, à 350 ^m dans l'Est de l'établissement Terrain gazonné	Beau temps Petite brise d'O
Angol (Araucanie) (Chili)	1883 10 févr	Lat 37° 48' S Long 5° 00' 4 O	Monticule à 500 ^m dans le Nord-Est de l'église Clocher de l'église de la ville. 190° 46' Sommet de la gare du chemin de fer 101.43 Terrain cultivé	Ciel découvert Jolie brise de S-E, allant en fraîchissant

Maison

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMERO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNETIQUES			DÉCLINAISONS	
				Numero de l'aiguille	Relèvements du nord magnét	Heures, t m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
0 » B » s 15 ^m	Barnaud	II	335° 31',6	1	350° 57',5	3,9 S	15° 35',9 E	15° 26' E
0 20° B 754 ^{mm} s 20 ^m	de Bernardières	I	177 38,0	2 2 1	192 49,2 192 54,3 192 54,5	8,5 M 10,0 M 10,3 M	15 11,2 E 15 16,3 15 16,5	15 15 E
0 23° B 711 ^{mm} s 630 ^m	Barnaud	II	22 25,8	1 2	38 23,8 38 26,5	10,5 M 11,3 M	15 58,0 E 16 0,7	16 3 E
Idem	de Bernardières	I	20 15,6	1 2	36 18,2 36 20,7	11,0 M 11,9 M	16 2,6 E 16 5,1	
0 19° B 710 ^{mm} s 630 ^m	de Bernardières	I	20 15,6	2 1	36 26,4 36 26,6	7,6 M 7,8 M	16 10,8 E 16 11,0	16 11 E
0 21° B 713 ^{mm} s 630 ^m	de Bernardières	I	20 16,5	2 1 2 2	36 25,6 36 27,1 36 27,8 36 28,9	7,2 M 7,5 M 10,3 M 10,5 M	16 9,1 E 16 10,6 16 11,3 16 12,4	16 11 E
0 24° B 696 ^{mm} s 770 ^m	de Bernardières	I	179 23,9	1 2	196 11,5 196 11,5	4,7 S 5,1 S	16 47,6 E 16 47,6	16 48 E
0 22° B 759 ^{mm} s 140 ^m	de Bernardières	I	132 23,5	2 1	149 39,2 149 39,1	10,0 M 10,3 M	17 15,7 E 17 15,6	17 16 E

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES, NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL. ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Santiago (Chili)	1883 1 ^{er} mars	Lat 33°26' S Long 4°52',1 O	Prairie dans la Quinta Urmeneta, à 3000 ^m dans l'Est de la place d'Armes Sommet du toit d'une quinta dans l'Est -Nord -Est 314° 59' Terrain gazonné	Ciel découvert Légère brise de N -E
Santa-Rosa de los Andes (Chili)	7 mars	Lat 32°53' S (1) Long 4°51',6 O	Cerro à l'Ouest de la ville Clocher de la ville 173° 18' Terrain rocheux	Ciel découvert Calme
Puente de l'Inca, Cordillère des Andes (République Argentine)	9 mars	Lat 32°53' S (2) Long 4°49',1 O	Pâturage à 400 ^m dans l'Ouest de la Posada et sur la rive opposée du torrent, au centre d'une étroite vallée Terrain caillouteux, avec quelques herbes	Temps en partie couvert Petite brise, puis grand vent de N-O qui force à cesser les observ
Punta de la Vaca, Cordillère des Andes (République Argentine)	9 mars	Lat 32°53' S (2) Long 4°48',6 O	Pâturage à 200 ^m dans le Nord de la Posada, à 300 ^m dans l'Est du pied de la Cordillère Terrain gazonné	Ciel découvert Jolie brise d'O-N-O à rafales Calme au coucher du Soleil
Mendoza (République Argentine)	12 mars	Lat 32°53' S Long 4°44',6 O	Pâturage à 2000 ^m dans l'Est-Sud-Est de la nouvelle ville Terrain gazonné et marécageux	Ciel découvert Presque calme
San Luis (République Argentine)	15 mars	Lat 33°18' S Long 4°34',7 O	Champ à 150 ^m dans le Sud de la gare Poteau du chemin de fer 167° 6' Terrain cultivé	Ciel découvert Faible brise de N

(1) Une augmentation de 1' dans la valeur numérique de la latitude entraînerait une diminution de 0,6 dans la valeur numérique de la déclinaison du lieu

(2) Une augmentation de 1' dans la valeur numérique de la latitude entraînerait une diminution de 0,5 dans la valeur numérique de la déclinaison du lieu

(3) Une augmentation de 1 dans la valeur numérique de la latitude entraînerait une augmentation de 0,6 dans la valeur numérique de la déclinaison du lieu

NOTES

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			DÉCLINAISONS	
				Numéro de l'aiguille	Relèvements du nord magnét	Heures, t m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
0 25° B 720 ^{mm} s 510 ^m	de Bernardières	I	73° 55,9	2 1	89° 43,0 89 46,0	8,8 M 9,8 M	15° 47,1 E 15 50,1	15° 49' E
0 16° B 693 ^{mm} s 810 ^m	de Bernardières	I	286 12,8	2 1	301 57,0 301 56,2	8,4 M 9,3 M	15 14,2 E 15 13,4	15,14 E
0 10° B 550 ^{mm} s 2780 ^m	de Bernardières	I	134 35,0	2 1	149 30,2 149 31,0	7,5 M 9,0 M	14 55,2 E 14 56,0	14,56 E
0 14° B 571 ^{mm} s 2170 ^m	de Bernardières	I	31 57,6	2 2 1	46 52,7 46 50,4 46 51,0	4,1 S 5,0 S 5,2 S	14 55,1 E 14 52,8 14 53,4	14,54 E
0 22° B 702 ^{mm} s 711 ^m	de Bernardières	I	251 28,7	2 2 1	266 4,6 260 7,2 266 7,2	10,0 M 10,8 M 11,2 M	14 35,9 E 14 38,5 14 38,5	14,38 E
0 17° B 700 ^{mm} s 710 ^m	de Bernardières	I	1 19,3	2	15 6,7	6,9 M	13 47,4 E	13 47 E

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Rio Cuarto (République Argentine)	1883 15 mars	Lat 33° 7' N Long 4 ^h 26 ^m ,6 O	Enclos à 300 ^m dans le Nord de la gare Poteau du chemin de fer 91° 3' Terrain gazonné	Ciel découvert Bonne brise d'E
Rosario (République Argentine)	16 mars	Lat 32° 57' N Long 4 ^h 11 ^m ,5 O	Prairie à 4000 ^m dans le Sud de la ville et à la même distance de la rive du fleuve Parana Clocher d'une chapelle voisine 94° 46' Terrain gazonné	Ciel découvert Petite brise de N-E
Buenos-Ayres (République Argentine)	21 mars	Lat 34° 36' S Long 4 ^h 2 ^m ,8 O	Prairie à 300 ^m dans le Nord-Est de l'Ecole navale Eglise de la Recoleta 115° 17' Mât de pavillon de l'Ecole navale 109° 54' Terrain gazonné	Beau temps Quelques nuages légers. Bonne brise d'E-N-E
	22 mars	Lat 34° 37' S Long 4 ^h 2 ^m ,8 O	Prairie à 700 ^m dans le Nord-Ouest de la Boca et dans le Sud-Est de la ville Flèche de la plus grosse tour d'une église à trois tours 209° 21' Terrain gazonné	Ciel découvert Bonne brise d'E-N-E
	23 mars	Lat 34° 35' S Long 4 ^h 2 ^m ,8 O	Prairie voisine de la route de Belgrano, à 5000 ^m de la ville Paratonnerre d'un belvédère 171° 10' Terrain gazonné	Ciel découvert Presque calme
Coquimbo (Chili)	1882 31 dec	Lat 29° 57' S Long 4 ^h 54 ^m ,8 O	Colline sablonneuse dans le Nord-Nord-Ouest de la ville de Coquimbo Fort de Coquimbo 74° 53' Eglise de la Serena 106° 20' Eglise de Coquimbo 221° 13' Sémaphore de Coquimbo 343° 15'	Très beau temps Petite brise de S-E

sions

TEMPERATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMERO de l'instrument	RELEVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNETIQUES			DECLINAISONS	
				Numéro de l'aiguille	Relevements du nord magnet	Heures, 1 m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
0. 20° B. 722 ^{mm} E. 460 ^m	de Bernardières	I	205° 11',8	2 1	217° 48',5 217° 49,3	4,3 S 4,5 S	12° 36',7 E 12° 37,5	12° 37' E
0. 28° B. 761 ^{mm} E. 50 ^m	de Bernardières	I	254° 10,5	2 2 1	264° 47,4 264° 49,1 264° 48,2	1,4 S 2,0 S 2,4 S	10° 36,9 E 10° 38,6 10° 37,7	10° 38 E
0. 24° B. » E. 15 ^m	de Bernardières	I	59° 40,0	2 2 1	69° 09,6 69° 13,3 69° 13,6	8,6 M 9,7 M 10,1 M	9° 29,6 E 9° 33,3 9° 33,6	9° 32 E
0. 26° B. » E. 10 ^m	de Bernardières	I	67° 19,6	2 2 1	76° 48,8 76° 51,2 76° 52,1	4,0 S 5,0 S 5,3 S	9° 29,2 E 9° 31,6 9° 32,5	9° 31 E.
0. 22° B. » E. 10 ^m	de Bernardières	I	60° 25,8	2 2 1	69° 49,6 69° 52,3 69° 51,8	9,1 M 10,1 M 10,0 M	9° 23,8 E 9° 26,5 9° 26,0	9° 26 E
0. 22° B. » E. »	Favereau	II	225° 4,7	2	239° 24,4	4,2 S	14° 20,7 E	14° 21 E

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPECIALE DU THU RELEVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Caldera (Chili)	1883 2 janv	Lat 27° 5' S Long 4° 52', 8 O	Un peu moins de 1000m dans l'Ouest de l'église Semaphore 0° 34' Église 1° 4' 43" Terrain sablonneux	Ciel couvert à but, de l'air fin des obser- vations Calme au de- but, puis petite de S O
Taltal (Chili)	3 janv	Lat 25° 26' S Long 4° 51', 6 O	A 2000m environ dans l'O du milieu de la ville de Taltal Semaphore 5° 30' 36" Débarcadere (le plus au Sud) 73 51 Terrain nu et sablonneux	Ciel nuageux à bord, puis couvert Calme au de- but, puis petite de S O
Antofagasta (Chili)	4 janv	Lat 23° 39' S Long 4° 51', 0 O	Dernière la ville, à 200m ou 300m du cimetière Ancre peinte en blanc au sommet de la montagne et servant d'amer pour le mouillage 221° 44' Autre ancre peinte en blanc, près du cimetière 147 38 Croix isolée, entourée de fanaux 313 13 Terrain nu et sablonneux	Ciel en partie nuageux Calme
Cobija (1) (Chili)	5 janv	Lat 22° 34' S Long 4° 50', 6 O	Presqu'île dans l'Ouest de la ville Cimetière 39° 2' Église 64 36 Sable et rocher	Très beau temps Calme
Arica (Perou)	7 janv	Lat 18° 28' S Long 4° 50', 7 O	Sur le flanc de la colline du Moro faisant face à la ville Mât de pavillon du fort du Moro 44° 15' Église d'Arica 99 50 Mât de pavillon du consulat français 103 34 Terrain sablonneux	Très beau temps Calme

(1) On ne conclut aucune valeur de la déclinaison à Cobija, parce que les résultats trouvés, surtout ceux de l'inclinaison observée en cette même sta-

sons.

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			DECLINAISONS	
				Numero de l'aiguille	Relèvements du nord magnét	Heures, t m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
0 22° B » ε »	Favereau	II	220° 56',5	2	231° 39',3	9,2 M	13° 42',8 E	13° 43' E
0 21° B » ε »	Favereau	II	143 14,4	2	150 45,6	9,2 M	12 31,2 E	12 31 E
0 23° B » ε 40 ^m	Favereau	II	340 6,7	2	351 35,4	9,2 M	11 28,7 E	11 29 E
0 21° B » ε 6 ^m	Favereau	II	135 22,4	2	146 19,7	8,2 M	10 57,3 E	»
0 28° B » ε 50 ^m	Favereau	II	255 59,0	2	265 59,0	9,2 M	10 00,0 E	10 00 E

ont croire a une influence magnetique locale

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPECIALE DU LIEU RILEVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ETAT DU CIEL ETAT DE L'ATMOSPHERE
Chala (Perou)	1883 8 janv	Lat 15°52' S Long 5 ^h 6 ^m ,3 O	A 500 ^m dans le Nord-Nord-Est du centre de la ville Extrémité du débarcadere 172° 53' Croix sur une colline 282 48 Cimetière 326 42 Terrain nu et sablonneux	Ciel en partie cou- vert Calme
Le Callao (Perou)	29 janv	Lat 12° 4' S Long 5 ^h 17 ^m ,9 O	Sur la presqu'île sablonneuse située au Sud-Ouest du Callao et appelée <i>la Punta</i> Phare de San-Lorenzo 219° 4' Phare du petit port militaire 352 22 Eglise du Callao. 359 29	Temps un peu bru- meux Calme
			A 80 ^m dans le Nord-Ouest de la première position	Idem
Chorrillos (Perou)	1 ^{er} fevr	Lat 12° 11' S Long 5 ^h 17 ^m ,4 O	Au sommet de la colline située dans le Sud de la ville de Chorrillos Eglise du Callao 140° 14' Cabane méridienne 166 2 Caserne de Chorrillos 237 44 Gare de Chorrillos 247 21 Terrain nu	Beau temps Assez fraîche brise de S-O
			A 40 ^m dans le Sud de la première position	Idem
Eten (Perou)	6 fevr	Lat 6°56' S Long 5 ^h 30 ^m ,1 O	Palais de sable qui bordent le rivage Eglise du village de Munsefu 319° 43' Mât de pavillon à l'extrémité du wharf 176 49 Centre de la cheminée d'une usine voisine 339 55	Ciel découvert Petite brise de S O
Payta (Pérou)	7 fevr	Lat 5°5' S Long 5 ^h 33 ^m ,7 O	Collines de sable au-dessus de la ville Eglise (clocher de droite, faisant face à la mer) 58° 52' Croix de la Mission sur le chemin de Piura 240 2	Ciel découvert Presque calme

MÉTÉOROLOGIE

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMERO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNETIQUES			DÉCLINAISONS	
				Numero de l'aiguille	Relèvements du nord magnét	Heures, t m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
0 25° B » ε 20 ^m	Favereau	II	115 26',8	2	125 50',3	4,4 S	10 23',5 E	10 23' E
0 25° B » ε 3 ^m	Favereau	II	121 52,1	2	131 51,1	3,8 S	9 59,0 E	9 58 E
Idem	Favereau.	II	33 33,7	2	43 30,7	5,2 S	9 57,0 E	
0 24° B » ε 60 ^m	Favereau	II	6 10,0	2	15 57,0	5,8 S	9 47,0 E	9 45 E
Idem	Favereau	II	222 44,0	2	232 26,0	6,3 S	9 42,0 E	
0 24° B » ε 15 ^m	Barnaud	II	144 44,4	2	154 37,7	9,7 M	9 53,3 E	9 53 E
0 26° B » ε 15 ^m	Barnaud	II	90 43,0	2	98 57,0	11,5 M	8 14,0 E	8 14 E

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIFFU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Panama (Colombie)	1883 22 févr	Lat 8°57' N Long 5°27 ^m ,4 O	Promenade qui borde le rivage au Sud-Est de la cathédrale Ile Ronde (sommet) 23° 30'	Ciel découvert Presque calme
Porto-Cabello (Venezuela)	6 mars	Lat 10°29' N Long 4°41',4	Plage de sable s'étendant à droite avant d'entrer dans le port, à 10 ^m de la mer Phare 35° 8' Tour de l'église 50 19	Ciel découvert Faible brise
La Guayra (Venezuela)	7 mars	Lat 10°36' N Long 4°17 ^m ,1 O	Sur le bord de la mer, à Macuto, village situé à 6 ^{km} dans l'Est de la Guayra Pointe de droite fermant la petite baie 50°27'	Ciel un peu couvert Faible brise
Fort-de-France (Martinique)	10 mars	Lat 14°36' N Long 4°13 ^m ,6 O	Flancs de la colline qui domine le parc à charbon de la Compagnie Transatlantique Pointe Noirlav (crique Est du carénage) 93° 53'	Ciel couvert Temps orageux
Pointe à Pitre (Guadeloupe)	11 mars	Lat 16°13' N Long 4°15 ^m ,4 O	Hauteurs au-dessus de l'usine d'Arbouzier Mont Trou aux Chiens (sommet) 79° 3' Extrémité Est de l'île à Auger 118 57	Ciel assez couvert Grains de l'Est
Parc de Saint-Maur ⁽¹⁾ (France)	2 juin	Lat 48°48' N Long 0°00 ^m ,2 E	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la manie de Nogent 308°13' Terrain gazonné	Ciel couvert Jolie brise de N
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, à 25 ^m dans le Sud du pilier extérieur du Nord-Est	Temps très nuageux. Jolie brise de N

(1) Toutes les observations qui suivent peuvent être ramenées à une heure quelconque au moyen des indications de l'appareil enregistreur installé dans le

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMERO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			DÉCLINAISONS	
				Numero de laiguille	Relèvements du nord magnet	Heures, t m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
0 27° B » z 0 ^m	Barnaud	II	32 20,7	2	37 23,1	9,0 M	5° 2,4 E	5° 2' E
0 25° B » z 0 ^m	Barnaud	II	22 38,6	1 2	25 23,7	10,0 M	2 45,1 E	2 45 E
0 24° B » z 0 ^m	Barnaud	II	5 25,1	2	7 53,7	10,0 M	2 28,6 E	2 29 E
0 23° B » z 15 ^m	Barnaud	II	108 16,5	2	108 9,1	10,3 M	0 7,4 O	0 7 O
0 23° B » z 10 ^m	Barnaud	II	232 38,1	2	231 56,3	8,8 M	0 41,8 O	0 42 O
0 20° B 759 ^{mm} z 50 ^m	de Bernardières	I	309 54,7	2 1	293 28,4 293 28,5	10,4 M 11,4 M	16.26,3 O 16 26,2	16.26 O.
0 21° B 759 ^{mm} z 50 ^m	Barnaud	II	208 38,8	1 2	192.14,2 192.12,8	11,0 M 11,7 M	16 24,6 O 16 26,0	

Lignes de l'observatoire magnétique

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Parc de Saint-Maur (France), [suite]	1883 2 juin (suite)	Lat 48°48' N Long 0°00',0 E	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, à 25 ^m dans le Sud du pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la mairie de Nogent 308°13'	Ciel couvert Faible brise de N-E
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, à 25 ^m du pilier extérieur le plus Ouest, dans l'alignement de ce pilier et d'une fenêtre de la caserne du fort de Nogent Fenêtre de la caserne du fort de Nogent 198°8'	Temps nuageux Faible brise de N-N-E
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la mairie de Nogent 309°4'	Ciel nuageux Faible brise de S-O
	5 juin	Idem	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, à 25 ^m du pilier extérieur le plus Ouest, dans l'alignement de ce pilier et d'une fenêtre de la caserne du fort de Nogent. Fenêtre de la caserne du fort de Nogent 201°0'	Ciel en partie nuageux Faible brise de S-O
Montsouris (1) (Paris) (France)	10 juill	Lat 48°49' N Long 0°00',0 O	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la Mairie de Nogent 309°15'	Ciel très couvert Faible brise de N-N-O
			Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Flèche de la coupole du Panthéon 224°19' Terrain gazonné	Temps couvert et orageux Très faible brise de N
	12 juill	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Flèche de la coupole du Panthéon 219°20' Terrain gazonné	Très couvert Une heure après les observ., violent tourbillon avec ondées Bonne brise de S-O
	12 août	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Flèche de la coupole du Panthéon 357°58' » 357 59	Temps nuageux Ciel voilé Très faible brise de S-S-O

(1) La pose des tuyaux de fonte sur le boulevard Jourdan a été complètement achevée entre les observations de 1882 et celles de 1883

ms.

TEMPÉRATURE de l'air ambiant ÉTAT DU BAROM. ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMERO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			DECLINAISONS	
				Numéro de laiguille	Relèvements du nord magnét	Heures, et m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
0 22° B 758 ^{mm} e. 50 ^m	de Bernardières	I	309 53',3	2	293 23',9	2,4 S	16 29',4 O	16 29' O
0 22° B 759 ^{mm} e 50 ^m	Favereau	II	308 32,9	2	292 3,9	2,7 S	16 29 0 O	
0 25° B 751 ^{mm} e. 50 ^m	de Bernardières	I	310 44,3	2 1 2	294 22,4 294 22,8 294 23,2	9,6 M 11,0 M 11,2 M	16 21,9 O 16 21,5 16 21,1	16 22 O
0 25° B. 751 ^{mm} e. 50 ^m	Favereau	II	311 24,5	2 1	295 1,0 295 2,8	10,3 M 10,8 M	16 23,5 O 16 21,7	
0 26° B. 751 ^{mm} e. 50 ^m	de Bernardières	I	310 51,0	2 1	294 31,5 294 31,5	2,7 S 2,9 S	16 20,5 O 16 20,5	16 21 O
0 17° B. 754 ^{mm} e 85 ^m	de Bernardières	I	209 7,6	2 2	192 44,5 192 46,0	8,2 M 8,6 M	16 23,1 O. 16 21,6	16 22 O
0 25° B. 746 ^{mm} e 85 ^m	de Bernardières	I	204 7,8	2	187 44,8	4,0 S	16 23,0 O	16 23 O
0 17° B 761 ^{mm} e 85 ^m	de Bernardières	II II I	342 46,0 342 47,0 342 47,0	2 2 1	326 19,3 326 18,2 326 18,4	9,1 M 10,2 M 10,4 M	16 26,7 O 16 28,8 16 28,6	16 28 O

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU. RELEVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Montsouris (1), Paris (France)	1882 18 mai	Lat 48°49' N Long 0°10' 0	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35 ^m dans l'Ouest du pilier destiné aux observations magnétiques	Ciel découvert Grande brise d'E
	17 mai	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35 ^m dans l'Ouest du pilier destiné aux observations magnétiques	Ciel très nuageux Petite brise de S
	19 mai	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35 ^m dans l'Ouest du pilier destiné aux observations magnétiques	Ciel couvert. Faible brise de N
	1 ^{er} juin	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35 ^m dans l'Ouest du pilier destiné aux observations magnétiques	Beau temps. Légère brume Jolie brise de N-E
		Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35 ^m dans l'Ouest du pilier destiné aux observations magnétiques	Idem.
	2 juin	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35 ^m dans l'Ouest du pilier destiné aux observations magnétiques	Beau temps Légère brume
		Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35 ^m dans l'Ouest du pilier destiné aux observations magnétiques	Idem.
	3 juin	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Terrain gazonné	Temps couvert Petite brise d'E.
		Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications	Idem.
		Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications	Idem
	5 juin	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications	Très nuageux. Jolie brise d'O-S-O

(1) Le travail de la pose de gros tuyaux de fonte sur le boulevard Jourdan était en voie d'exécution

(2) Cet instrument, en service depuis de longues années et analogue à la boussole de Gambey, a été employé au début pour contrôler les indications de

(3) Employé la méthode des plans perpendiculaires

L'URE mbiant BAROM E	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			INCLINAISONS	
			Relèvements du nord magnét	Numero de l'aiguille	Heures, t m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
15° 51 ^{mm} 85 ^m	de Bernardières	Boussole d'inclinaison de Brunner (°)	»	1	h 4,3 S	65° 55,1' N	65° 55' N
20° 50 ^{mm} 85 ^m	de Bernardières	Boussole d'inclinaison de Brunner (°)	»	1	9,4 M	65 29,1 N	65 29 N
16° 53 ^{mm} 85 ^m	Favereau	III	»	1	9,7 M	65 28,7 N	65 29 N
16° 59 ^{mm} 85 ^m	Favereau	III	»	2	9,2 M	65 29,7 N	65 29 N
	Favereau	III	»	1	10,3 M.	65 27,4 N	
19° 55 ^{mm} 85 ^m	Favereau	III	»	1	9,5 M	65 27,8 N	65 28 N
	Favereau	III	»	1	10,3 M	65 29,0 N	
19° 51 ^{mm} 85 ^m	de Bernardières	Boussole d'inclinaison de Brunner (°)	»	1	10,9 M	65 27,8 N	65 28 N.
	Favereau	III	»	1	8,3 M	65 32,1(?) N	
	Favereau	III	»	1	10,2 M	65 27,4 N	
18° 56 ^{mm} 85 ^m	Favereau	III	»	1	11,2 M	65 29,3 N.	65 29 N

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELEVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE	TEMPÉRATURE de l'air HAUTEUR ALTITUDE
Parc de Saint-Maur (France)	1882 26 juin	Lat 48° 48' N Long 0° 0', 2 E	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Ciel très nuageux Petite brise de S-O	0 B z
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Temps nuageux Faible brise de S-S-O	0 B z
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est Terrain gazonné	Ciel très nuageux Petite brise de S-O	0 B z
	27 juin	Idem	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Temps couvert Petite brise de S-O	0 B z
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Temps nuageux Faible brise d'O	0 B z
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est	Temps couvert Petite brise de S-O	0 B z
Porto-Grande, Saint-Vincent (*) (îles du cap Vert)	24 juillet	Lat 16° 53' N Long 1° 49', 30	Plaine à environ 800m dans le Sud-Est du débarcadère Mât de pavillon du fort 34° 48' Terrain sablonneux, planté d'arbustes	Temps en partie couvert Petite brise d'E	0 B z
			A 75m dans le Nord-Nord-Est de l'instrument n° 1.	Idem	Idem
			A 195m dans le Nord-Ouest de la position précédente	Idem	Idem

(*) Ile volcanique Les valeurs trouvées sont spéciales au lieu même où les observations ont été effectuées

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNETIQUES			INCLINAISONS	
			Relèvements du nord magn.	Numéro de l'aiguille	Heures, t m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
θ . 21° B 757 ^{mm} z 50 ^m	de Bernardières	I	»	2	4,8 S	65° 20',0 N	»
θ . 20° B 758 ^{mm} z 50 ^m	Favereau	III	»	1	11,0 M	65° 25,2 N	65° 25' N
θ . 21° B 757 ^{mm} z 50 ^m	Favereau	III	»	1	4,5 S	65° 24,5 N	65° 24' N
θ . 18° B 767 ^{mm} z 50 ^m	de Bernardières	I	»	2	11,7 M	65° 19,0 N	»
θ . 19° B 763 ^{mm} z 50 ^m	de Bernardières	I	»	2	2,3 S	65° 35,0 N	»
θ . 17° B 763 ^{mm} z 50 ^m	Favereau	III	»	1	10,2 M	65° 25,2 N	65° 25' N
θ . 19° B 763 ^{mm} z 50 ^m	Favereau	III	»	1	1,7 S	65° 25,7 N	65° 26' N
θ . 26° B 761 ^{mm} z 5 ^m	de Bernardières	I	189° 51'	2	1,6 S	43,40,0 N	»
Idem	Favereau	III	»	1	0,6 S	41 41,7 N	»
Idem	Favereau	III	»	1	2,6 S	41 47,9 N	»

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Rio de Janeiro (Brésil)	1882 3 août	Lat 22°54' S Long 3°22,0 O	Colline en dehors de la ville et dans l'Ouest Mât de signaux près de l'observatoire 324° 41' Milieu du Pain de Sucre 6 12 Terrain boisé, non défriché. A 35 ^m dans le Nord-Ouest de l'instrument n° 1	Alternat de temps clair et de ciel nuageux. Presque calme Idem
Montevideo (Uruguay)	7 août	Lat 34°53' S Long 3°54,2 O	Fond de la baie de Montevideo, entre le chemin de fer del Norte et la plage Tour Sud-Est de la cathédrale 114° 6' Phare (sommet du toit du Cerro) 192 6 Terrain sablonneux, quelques herbes A 60 ^m dans le Nord-Est de l'instrument n° 1	Ciel découvert Petite brise de S-O Idem
Talcahuano (Chili)	19 août	Lat 36°42' S Long 5°11,7 O	Colline au-dessus de la gare du chemin de fer et à 500 ^m de cette gare Clocher de l'église 332° 15' Mât de pavillon de l'hôpital 346 32 Terrain gazonné avec quelques arbustes. A 50 ^m environ de l'instrument n° 1 Instrument n° 1 358° 43' Mât de pavillon de l'hôpital 178 58	Temps en partie couv., Soleil à de rares intervalles. Presque calme Idem.
Santiago (Chili)	30 août	Lat 33°26' S Long 4°52,1 O	Quinta normale d'Agriculture, rond point dans la partie Nord du parc Terrain sablonneux. A une trentaine de mètres de l'instrument n° 1.	Temps couvert Calme. Idem
	1883 1 ^{er} mars	Idem	Prairie dans la Quinta Urmenata, à 3000 ^m dans l'Est de la place d'Armes Sommet du toit d'une Quinta dans l'Est-Nord-Est 314° 59' Terrain gazonné	Ciel découvert Légère brise de N-E

TYPE d'instrument BAROM DE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNETIQUES			INCLINAISONS	
			Relèvements du nord magnet	Numéro de l'aiguille	Heures, t m local correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées.
24° 764 ^{mm} 4 ^{mm}	de Bernardières	I	39° 18'	2	11,0 M	11 48,0 S	12 00 S
n	Favereau	III	»	1	10,1 M	11 59,8 S	
18° 761 ^{mm} 3 ^{mm}	de Bernardières	I	305 35	2	4,8 S	29 26,0 S	29 20 S.
n	Favereau	III	»	1	4,2 S	29 19,7 S	
17° 766 ^{mm} 50 ^{mm}	de Bernardières	I	21 47	2	1,5 S	37 43,0 S	37 58 S
m	Favereau	III	»	1	0,6 S	37 52,9 S	
	Favereau	III	»	2	1,4 S	38 03,3 S	
16° » 520 ^{mm}	de Bernardières	I	321 20	2	11,4 M	33 16,0 S.	33 27 S
m	Favereau	III	»	2	10,0 M	33 27,2 S.	
25° 740 ^{mm} 510 ^{mm}	de Bernardières	I	89 48	2	10,1 M.	33 47,0 S	33 47 S

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPECIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES - NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Cerro-Negro, San Bernardo (Chili).	1882 14 oct	Lat 33°36' S Long 4°52 ^m ,1 O	Observatoire magnétique du Cerro-Negro, picher du N Prairie avec de hautes herbes	Ciel découvert Calme
			Observatoire magnétique du Cerro-Negro, picher du N	Idem
	23 oct	Idem	Observatoire magnétique du Cerro-Negro, picher du S Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro. 15° 11'	Ciel découvert Calme
			Observatoire magnétique du Cerro-Negro, picher du S	Idem.
	26 nov	Idem	Observatoire magnétique du Cerro-Negro, picher du N Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 155° 13'	Temps couvert et orageux Calme
			Observatoire magnétique du Cerro-Negro, picher du N	Idem
Angol, Araucanie (Chili)	1883 10 février	Lat 37°48' S Long 5°0 ^m ,4 O	Monticule à 500 ^m dans le Nord-Est de l'église Clocher de l'église de la ville 190° 46' Sommet de la gare du chemin de fer 101° 43' Terrain cultivé	Ciel découvert Jolie brise de S-E allant en fraîchis- sant
Valparaiso (Chili)	2 février	Lat 33°1' S Long 4°55 ^m ,7 O	Falaise dans le Nord-Ouest du cerro de l'Artillerie, à 1000 ^m dans l'Est du phare Phare 345° 15' Terrain sablonneux, avec quelques herbes	Temps découvert Fraîche brise de N-O
Santa Rosa de los Andes (Chili)	7 mars	Lat 32°53' S Long 4°51 ^m ,6 O	Cerro à l'Ouest de la ville Clocher de la ville 173° 18' Terrain rocheux	Ciel découvert. Calme
Punta de la Vaca, Cordillère des Andes (République Argentine)	9 mars	Lat 32°53' S. Long 4°48 ^m ,6 O	Pâturage à 200 ^m dans le Nord de la Posada, à 300 ^m dans l'Est du pied de la Cordillère Terrain gazonné	Ciel découvert. Jolie brise d'O-N-O à rafales
Mendoza (République Argentine)	12 mars	Lat 32°53' S Long 4°44 ^m ,6 O	Pâturage à 2000 ^m dans l'Est-Sud-Est de la nouvelle ville Terrain gazonné et marécageux.	Ciel découvert. Presque calme

10725.

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNETIQUES			INCLINAISONS	
			Relèvements du nord magnét	Numéro de l'aiguille	Heures, t m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
0 19° B 710 ^{mm} s 630 ^m	Favereau	III	° ' "	1	h 7,5 M	33° 48',5 S	33° 46' S
Idem	Favereau	III	"	2	10,2 M	33 42,5 S	
0 19° B 710 ^{mm} s 630 ^m	de Bernardières	I	36 27	2	10,2 M	33 58,0 S	33 49 S
Idem	Favereau	III	"	1	10,5 M	33 49,3 S	
0 21° B 713 ^{mm} s 630 ^m	de Bernardières	I	36 27	2	9,3 M	33 55,0 S	33 48 S
Idem	Favereau	III	"	1	9,0 M	33 48,3 S	
0 22° B 759 ^{mm} s 140 ^m	de Bernardières	I	149 39	2	0,1 S	38 53,0 S	38 53 S
0 20° B 754 ^{mm} s 20 ^m	de Bernardières	I	192 52	2	9,0 M	33 41,0 S	33 41 S
0 16° B 693 ^{mm} s 820 ^m	de Bernardières	I	301 56	2	9,5 M	33 9,0 S	33 9 S
0 14° B 572 ^{mm} s 2470 ^m	de Bernardières	I	46 53	2	4,4 S.	32 24,0 S	32 24 S
0 22° B 702 ^{mm} s 711 ^m	de Bernardières	I	266 5	2	10,3 M	32 28,0 S	32 28 S

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPECIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHERE
Rosario (République Argentine)	1883 16 mars	Lat 32°57' S Long 4°11',5 O	Prairie à 4000 ^m dans le Sud de la ville et à la même distance de la rive du fleuve Parana Clocher d'une chapelle voisine 94°46' Terrain gazonné	Ciel découvert Petite brise de N-E
Buenos-Ayres (République Argentine)	21 mars	Lat 34°36' S Long 4°2',8 O	Prairie à 300 ^m dans le Nord-Est de l'Ecole navale Église de la Recoleta 315°57' Mât de pavillon de l'Ecole navale 229 54 Terrain gazonné	Beau temps, qq légers nuages Jolie brise d'E par risées
	22 mars	Lat 34°37' S Long 4°2',8 O	Prairie à 700 ^m dans le Nord-Ouest de la Boca et dans le Sud-Est de la ville Flèche de la plus grosse tour d'une église à trois touis 209°21' Terrain gazonné	Ciel découvert Bonne brise d'O
	23 mars	Lat 34°35' S Long 4°2',8 O	Prairie voisine de la route de Belgrano, à 5000 ^m de la ville Pavillonnerie d'un belvédère 171°10' Terrain gazonné	Ciel découvert Presque calme
Coquimbo (Chili)	1882 31 déc	Lat 29°57' S Long 4°54',8 O	Colline sablonneuse, dans le Nord-Nord-Ouest de la ville de Coquimbo Fort de Coquimbo 74°53' Église de Coquimbo 221 13	Très beau temps Petite brise de S-O
Huasco (Chili)	1883 1 ^{er} janv	Lat 28°27' S Long 4°54',3 O	A 400 ^m dans le Sud-Ouest de la ville A 35 ^m dans l'Ouest de la première position	Très beau temps Petite brise de S-O Idem
Caldera (Chili)	2 janvier	Lat 27°5' S Long 4°52',8 O	Un peu moins de 1000 ^m dans l'Ouest de l'église Sémaphore 0°24' Église 124 42 Terrain sablonneux	Ciel couvert au début, dégagé à la fin des observations Calme au début, puis petite brise de S-O

1871.

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMERO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNETIQUES			INCLINAISONS	
			Relèvements du nord magnét	Numéro de l'aiguille	Heures, t m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
0 28° B 761 ^{mm} E 50 ^m	de Bernardières	I	264 ⁰ 47'	2	h 1,6 S	27 ⁰ 47',0 S	27 ⁰ 47' S
0 24° B » E 15 ^m	de Bernardières	I	69 10	2	9,0 M	29 30,0 S	29 46 S
0 26° B » E 10 ^m	de Bernardières	I	76 49	2	4,3 S	29 51,0 S	
0 . . 22° B » E . . 20 ^m	de Bernardières	I	69 50	2	9,3 M	29 57,0 S	
0 . 22° B » E »	Favereau	III	39 34	1	4,8 S	29 24,1 S	29 24 S
0 21° B » E »	Favereau	III	»	1	8,3 M	27 46,0 S	27 45 S
» J	Favereau	III	»	1	8,9 M	27 43,6 S	
0 22° B » E »	Favereau	III	234 39	1	7,6 M	25 23,5 S	25 24 S

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Taltal (Chili)	1883 3 janvier	Lat 25°26' S Long 4°51',6 O	A 2000 ^m environ dans l'O du milieu de la ville de Taltal Sémaphore 252°30' Débarcadere (le plus au Sud) 73 52 Terrain nu et sablonneux	Ciel nuageux d'a- bord, puis décou- vert Calme au début, puis petite brise de S-O
Antofagasta (Chili)	4 janvier	Lat 23°39' S Long 4°51',0 O	Derrière la ville, à 200 ^m ou 300 ^m du cimetière Ancre peinte au haut de la montagne 221°44' Autre ancre près du cimetière 247 38 Terrain nu et sablonneux	Ciel en partie cou- vert Calme
Cobija (1) (Chili)	5 janvier	Lat 22°34' S Long 4°50',6 O	Presqu'île dans l'Ouest de la ville Cimetière 39° 5' Eglise 64 36 Sable et rocher	Tres beau temps Calme
Iquique (Chili)	6 janvier	Lat 20°12' S Long 4°50',1 O	A la pointe extrême de l'îlot du phare Phare 174°53' Mât de signaux 202 16 Deuxième station à 250 ^m dans le Nord de la première	Tres beau temps Calme Idem
Arica (Pérou)	7 janvier	Lat 18°28' S Long 4°50',7 O	Sur le flanc de la colline du Moro faisant face à la ville Mât de pavillon du fort du Moro 44°15' Eglise d'Arica 99 50 Terrain sablonneux	Tres beau temps Calme
Chala (Pérou)	8 janvier	Lat 15°52' S Long 5°6',3 O	A 500 ^m dans le Nord-Nord-Est du centre de la ville Extrémité du débarcadere 172°53' Cimetière 326 41 Terrain nu et sablonneux	Ciel en partie cou- vert Calme

(1) On ne conclut aucune inclinaison pour Cobija, parce que la comparaison de la valeur trouvée à celle de la série fait croire à une influence magnétique locale

10725

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			INCLINAISONS	
			Relèvements du nord magnét	Numéro de l'aiguille	Heures, t m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
0 23° B » s »	Favereau	III	155° 46'	1	h 7,7 M	22° 52',7 S	22° 53' S
0 23° B » s 40 ^m	Favereau	III	351 35	1	8,2 M	20 53,4 S	20 53 S
0 21° B » s 6 ^m	Favereau	III	146.20	1	7,2 M	21 17,8 S	»
0 24° B » s 1 ^m	Favereau	III	112.37	1	7,7 M	15 33 4 S	15 35 S
Idem	Favereau	III	»	1	10,8 M	15 37,2 S	
0 26° B » s 50 ^m	Favereau	III	265,59	1	8,0 M	12 46,5 S	12 46 S
0 25° B » s 20 ^m	Favereau	III	125 50	1	5,4 S	11.28,9 S	11 29 S

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE.	TEMPÉR de l'air HAUTEUR DE ALTITUDE
Chorrillos (Pérou)	1883 1 ^{er} février	Lat 12° 11' S Long 5 ^h 17 ^m , 4 O	Au sommet de la colline située dans le Sud de la ville de Chorrillos Eglise du Callao 140° 14' Gare de Chorrillos 247 21 Terrain nu	Beau temps Assez fraîche brise de S-O	0 B s
Le Callao (Pérou)	29 janv	Lat 12° 4' S Long 5 ^h 17 ^m , 9 O	Sur la presqu'île sablonneuse située au Sud-Ouest du Callao et appelée <i>la Punta</i> Phare de San-Lorenzo 219° 4' Eglise du Callao 359 29	Temps un peu brumeux Calme	0 B s
Parc de Saint-Maur (1) (France)	2 juin	Lat 48° 48' N Long 0 ^h 0 ^m , 2 E	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la mairie de Nogent 308° 13'	Ciel couvert Faible brise de N-E	0 B s
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Nord, pilier du Nord-Est	Idem	0 B s
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est	Idem	Idem
	5 juin	Idem	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la mairie de Nogent 309° 4'	Ciel nuageux Faible brise de S-O	0 B s
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la mairie de Nogent 309° 11'	Ciel très couvert Faible brise de N-N-O	Idem
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Nord, pilier du Nord-Est	Idem	Idem
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Ouest	Ciel nuageux Petite brise de N-N-O	0 B s

(1) Toutes les observations qui suivent peuvent être ramenées à une heure quelconque, au moyen des indications de l'appareil enregistreur installé dans les

TEMPERATURE ambiant DU BAROM ETUDE.	OBSERVATEURS	NUMERO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNETIQUES			INCLINAISONS	
			Relèvements du nord magnét	Numero de l'aiguille	Heures et m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
24° » 60 ^m	Favereau	III	15° 57'	1	6,7 S	65 30,1 S	65 30' S
25° » 3 ^m	Favereau	III	131 51	1	4,7 S	65 00,0 S	65 00 S
22° 758 ^{mm} 50 ^m	de Bernardières	I	203 18	2	2,0 S	65 11,0 N	65 27 N
22° 758 ^{mm} 50 ^m	de Bernardières	I	»	2	3,4 S	65 20,0 N	
» » »	Favereau	III	»	2	4,1 S	65 16,7 N	
26° 751 ^{mm} 50 ^m	de Bernardières	I	204 23	2	11,3 M	65 30,0 N.	
» » »	de Bernardières	I	204 32	2	1,8 S	65 27,0 N	65 22 N
» » »	Favereau	III	»	1	2,0 S	65 22,5 N.	
» » »	»	»	»	2	2,8 S	65 22,2 N	
27° 749 ^{mm} 50 ^m	de Bernardières	I	»	2	4,2 S	65 18,0 N	

Observatoire magnétique

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Parc de Saint-Maur (France) [suite]	1883 27 juillet	Lat 48°48' N Long 0°00',2 E	Observation météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Nord, pilier du Nord-Est	Ciel nuageux Petite brise de N-O
Montsouris ⁽¹⁾ , Paris (France)	12 juillet	Lat 48°49' N Long 0°00',0	Escalpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 30 ^m dans l'Ouest du pilier des fortifications Terrain gazonné	Temps couvert et nuageux Bonne brise de S-O
	24 juillet	Idem	Escalpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, sur le pilier magnétique	Couvert Faible brise de S-O
			Escalpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, sur le pilier magnétique	Idem

⁽¹⁾ Il a été posé des tuyaux de fonte sur le boulevard Jourdan a été complètement achevé entre les observations de 1882 et celles de 1883

⁽²⁾ Instrument déjà employé à Montsouris en 1882 (voir p. 476) Les observations de ce jour ont eu pour but de comparer les résultats fournis par la

⁽³⁾ Instrument à peu près semblable au précédent

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVEURS	NUMERO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNETIQUES			INCLINAISONS	
			Relèvements du nord magnét	Numero de l'aiguille	Heures, et m local, correspondantes.	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
0 18° B 760 ^{mm} e 50 ^m	Favereau	Boussole d'inclinaison de Brunner (*)	»	1	10,3 M	65° 30',0 N	65° 30' N
		III	»	1	11,4 M	65 24,4 N	65 24' N
		III	»	2	11,9 M	65 28,4 N	65 28 N
		III	»	1	1,4 S	65 23,3 N	65 23 N
		III	»	2	1,9 S	65 26,2 N	65 26 N
		Boussole d'inclinaison de Brunner (*)	»	1	2,7 S	65 26,8 N	65 27 N
		Boussole de Brunner petit modèle	»	1	3,8 S	65 16,7 N	65 17 N
0 25° B 746 ^{mm} e 85 ^m	de Bernardières	Boussole de Brunner grand modèle (*)	»	1	5,2 S	65 22,9 N	65 23 N
		I	»	2	4,5 S	65 37,0 N.	»
0 16° B 750 ^{mm} e 85 ^m	Favereau	Boussole d'inclinaison de Brunner (*)	»	1	9,0 M	65 29,2 N	65 27 N
Idem	Favereau	III	»	1	10,7 M	65.23,9 N	

usole III à ceux d'autres instruments en usage dans les Observatoires de Montsouris et de Saint-Maur

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPECIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHERE
Montsouris, Paris (France) [suite]	1883 12 août	Lat 48°49' N Long 0°00',0	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Flèche de la coupole du Panthéon 357°58' Terrain gazonné	Temps brumeux, ciel voilé Très faible brise de S -S -O
			Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Flèche de la coupole du Panthéon 357°58'	Idem
			Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35 ^m dans l'Ouest du pilier Terrain gazonné	Idem
			Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35 ^m dans l'Ouest du pilier	Idem

025

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMERO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNETIQUES			INCLINAISONS	
			Relevements du nord magnet	Numero de la boussole	Heures, et m. local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
θ . 17° B . 761 ^{mm} E . 85 ^m	de Bernardières	I	326° 19'	2	9,5 M	65° 28',0 N	• 65° 30' N
Idem	de Bernardières	I	326 19	2	9,9 M	65 18,0 N	
Idem	Favereau	III	»	1	9,4 M	65 28,2 N	
Idem	Favereau	III	»	2	9,8 M	65 31,3 N	

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Parc de Saint-Maur (France)	1882 26 juin	Lat 48°48' N Long 0°0', 2 E	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Ciel nuageux Faible brise de S-S-O
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Ouest	Idem
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Temps très couvert Petite brise de S-O
	27 juin	Idem	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Temps couvert Petite brise de S-O
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Ouest	Idem
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Temps nuageux Faible brise d'O
Lisbonne (Portugal)	19 juillet	Lat 38°43' N Long 0°45', 7 O	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Ouest	Idem
			Colline à 200 ^m dans le Nord du cimetière de l'Ouest, à 1500 ^m dans l'Est-Nord-Est de l'Observatoire royal Croix de l'église du cimetière 168° 17' Croix d'un monument dans le Nord 213 53 du palais d'Ajuda Terrain labouré	Très beau temps Faible brise de N

MAGNÉTIQUE TERRESTRE

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMERO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			INTENSITÉS HORIZONTALES		
			Relèvements du nord magnét	Numéro de l'aiguille	Heures, t m local, correspondantes	Valeurs obtenues par les déterminations absolues	Valeurs deduites des oscillations	Valeurs adoptées
0. 20° β 758 ^{mm} s 50 ^m	de Bernardières	I	»	1	^h 11,8 M	0,1949	»	0,1949
0. 21° β 758 ^{mm} s 50 ^m	Favreau	IV	»	1	3,0 S	»	0,1931	0,1947
			»	2	3,3 S	»	0,1951	
0. 21° β 757 ^{mm} s 50 ^m	de Bernardières	I	»	1	3,5 S	0,1947	»	0,1943
0. 18° β 763 ^{mm} s 50 ^m	de Bernardières	I	»	1	10,3 M	0,1943	»	
Idem.	Favreau	IV	»	1	10,6 M	»	0,1940	0,1943
			»	2	10,8 M	»	0,1934	
0. 19° β 763 ^{mm} s 50 ^m	de Bernardières	I	»	1	3,2 S	0,1943	»	0,1943
Idem	Favreau	IV	»	1	3,0 S	»	0,1941	
			»	2	3,4 S	»	0,1938	
0. 22° β 765 ^{mm} s 25 ^m	de Bernardières	I	147,00	1	9,6 M	»	0,2272	0,2272

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATUREL DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Porto-Grande, Saint-Vincent ⁽¹⁾ (îles du cap Vert)	1882 24 juillet	Lat 16°53' N Long 1°49',3 O	Plaine à environ 800 ^m dans le Sud-Est du débarcadere Mât de pavillon du fort 344° 48' Terrain sablonneux, planté d'arbustes	Temps en partie couvert Petite brise d'E
			A 75 ^m dans le Nord-Nord-Est de l'instrument n° 1	Idem
			A 195 ^m dans le Nord-Ouest de la position précédente Terrain sablonneux, planté d'arbustes	Idem
Rio de Janeiro (Brésil)	3 août	Lat 22°54' S Long 3°42',0 O	Colline en dehors de la ville et dans l'Ouest Mâts de signaux près de l'observatoire 324° 41' Milieu du Pain de Sucre 6 12 Terrain boisé, non défriché	Alternatives de temps clair et de ciel nuageux Presque calme
			A 35 ^m dans le Nord-Ouest de l'instrument n° 1	Idem
Montevideo (Uruguay)	7 août	Lat 34°53' S Long 3°54',2 O	Fond de la baie de Montevideo, entre le chemin de fer del Norte et la plage Tour Sud-Est de la cathédrale 114° 6' Phare (sommet du fort du Cerro) 19° 6' Terrain sablonneux, quelques herbes	Ciel découvert Jolie brise de S-O
			A 60 ^m dans le Nord-Est de l'instrument n° 1	Idem
Talcahuano (Chili)	19 août	Lat 36°42' S Long 5°1',7 O	Colline au-dessus de la gare du chemin de fer et à 500 ^m de cette gare Clocher de l'église 332° 25' Mât de pavillon de l'hôpital 346 32 Terrain gazonné, avec quelques arbustes	Temps en partie couvert Soleil à de rares intervalles Presque calme
			A 50 ^m de l'instrument n° 1	Idem

(1) Ile volcanique Les valeurs trouvées sont spéciales au lieu même où les observations ont été effectuées

magnétique terrestre

TEMPÉRATURE de l'air ambiant ÉTAT DU BAROMÈTRE ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			INTENSITÉS HORIZONTALES		
			Relèvements du nord magnét.	Numéro de l'aiguille	Heures, t m local, correspondantes	Valeurs obtenues par les déterminations absolues	Valeurs deduites des oscillations	Valeurs adoptées
26° 761 ^{mm} 5 ^m	de Bernardières	I	189 55'	1	h 0,7 S	0,2838	»	»
Idem	Favereau	IV	»	1	1,0 S	»	0,2820	»
				2	1,2 S	»	0,2817	»
Idem	Favereau	IV	»	1	1,6 S	»	0,2827	»
20° 769 ^{mm} 40 ^m	de Bernardières	I	39 18	1	10,6 M	0,2592	»	0,2592
Idem	Favereau	IV	»	1	10,0 M	»	0,2608	
				2	10,3 M	»	0,2603	
18° 761 ^{mm} 3 ^m	de Bernardières	I	305 35	1	4,2 S	0,2636	»	0,2636
Idem	Favereau	IV	»	1	»	»	0,2655	
17° 766 ^{mm} 50 ^m	de Bernardières	I	21 47	1	1,5 S.	0,2793	»	0,2793
Idem	Favereau	IV	»	1	2,2 S	»	0,2811	
				2	2,5 S	»	0,2810	

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHERE
Santiago (Chili)	1882 30 août	Lat 33° 26' S Long 4° 52' O	Quinta normale d'Agriculture, rond-point dans la partie Nord du parc Terrain sablonneux	Temps couvert Calme
			A une trentaine de mètres de l'instrument n° 1	Idem
	1883 1 ^{er} mars	Idem	Prairie à 3000 ^m dans l'Est de la place d'Armes, Quinta Urmenceta Sommet du toit d'une Quinta dans l'Est-Nord-Est 31° 59' Terrain gazonné	Ciel découvert Légère brise de N.-E
Cerro-Negro, San Bernardo (Chili)	1882 16 oct	Lat 33° 36' S Long 4° 52' O	Observatoire magnétique du Cerro-Negro, pilier du S Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 155° 22' Prairie avec de hautes herbes	Ciel découvert Calme
			Observatoire magnétique du Cerro-Negro Position fixe de l'instrument	Idem.
	23 oct	Idem	Observatoire magnétique du Cerro-Negro, pilier du S Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 155° 22' Prairie avec de hautes herbes	Ciel découvert Calme
			Observatoire magnétique du Cerro-Negro Position fixe de l'instrument	Idem
	26 nov	Idem	Observatoire magnétique du Cerro-Negro, pilier du S Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 155° 22' Prairie avec de hautes herbes	Temps couvert et orageux Calme
			Observatoire magnétique du Cerro-Negro Position fixe de l'instrument	Idem

magnétique terrestre

TEMPÉRATURE de l'air ambiant ÉTAT DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			INTENSITÉS HORIZONTALES		
			Relèvements du nord magnét	Numéro de l'aiguille	Heures, et m local, correspondantes	Valeurs obtenues par les déterminations absolues	Valeurs déduites des oscillations	Valeurs adoptées
0 . 15° B . » t . 520 ^m	de Bernardières	I	321° 25'	1	10,6 M	0,2778	»	
Idem	Favereau	IV	»	1	9,0	»	0,2780	0,2778
				2	9,3	»	0,2786	
				1	9,8	»	0,2791	
				2	10,0	»	0,2783	
				1	10,4	»	0,2777	
				2	10,6	»	0,2783	
0 . 21° B . 720 ^{mm} t . 510 ^m	de Bernardières	I	89° 46'	1	9,6 M	0,2763	»	0,2763
Idem	Favereau	IV	»	1	11,5 M	»	0,2789	0,2775
				2	11,6 M	»	0,2771	
				2	9,5 M	»	0,2766	
0 . 19° B . 710 ^{mm} t . 630 ^m	de Bernardières	I	36° 27'	1	9,5 M	0,2774	»	0,2774
Idem	Favereau	IV	»	2	8,5 M	»	0,2781	
0 . 21° B . 713 ^{mm} t . 630 ^m	de Bernardières	I	36° 27'	1	8,0 M	0,2781	»	0,2781
Idem	Favereau	IV	»	2	9,5 M	»	0,2772	

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPECIALE DE L'ÉTAT RÉFÈREMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL VENTS ATMOSPHERIQUES
Cauquenes, Cordillère des Andes (Chili)	1882 25 dec	Lat 34° 15' S Long 71° 15,0 O	Parc des bords de Cauquenes, à 400m dans l'Est de l'établissement Terrain gazonné	Be ou temps Bonne brise d'O
Angol, Araucanie (Chili)	1883. 10 fevr	Lat 37° 48' S Long 75° 0,4 O	Monticule à 500m dans le Nord-Est de la ville Clocher de l'église de la ville Sommet de la gare du chemin de fer Terrain cultivé	Ciel découvert Jolie brise de S-E allant en faiblissant
Valparaiso (Chili)	2 fevrier	Lat 33° 1' S Long 71° 55,7 O	Balaisse dans le Nord-Ouest du Cerro de l'Aguilón à 1000m dans l'Est du phare Phare Terrain sablonneux avec quelques herbes	Temps découvert Bonne brise de N-O
Santa-Rosa de las Andes (Chili)	7 mars	Lat 32° 53' S Long 71° 1,6 O	Cerro à l'Ouest de la ville Clocher de la ville Terrain rocheux	Ciel découvert Calme
Puente de l'Inca, Cordillère des Andes (République Argentine)	9 mars	Lat 32° 13' S Long 71° 49,1 O	Pâturage à 500m dans l'O de la Posada et sur la rive opposée du torrent, au centre d'une étroite vallée Terrain caillouteux, avec quelques herbes	Temps en partie couvert Grand vent de N-O
Punta de la Vaca, Cordillère des Andes (République Argentine)	9 mars	Lat 32° 53' S Long 71° 48,6 O	Pâturage à 100m dans le Nord de la Posada et à 300m dans l'Est du pied de la Cordillère Terrain gazonné	Ciel découvert Jolie brise d'O-N-O à rafales
Mendoza (République Argentine)	12 mars	Lat 32° 53' S Long 71° 44,6 O	Pâturage à 2000m dans l'Est-Sud-Est de la nouvelle ville Terrain gazonné et marécageux	Ciel découvert Presque calme
Rio-Cuarto (République Argentine)	15 mars	Lat 33° 7' N Long 72° 26,6 O	Enclos à 300m dans le Nord de la gare. Poteau de chemin de fer Terrain gazonné	Ciel découvert Jolie brise d'Est

magnétique terrestre

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM. ACTUELLE	OBSERVATEUR	NUMERO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			INTENSITÉS HORIZONTALES.		
			Relevements du nord magnét.	Numero de l'aiguille	Heures, 1 m local, correspondantes	Valeurs obtenues par les déterminations absolues	Valeurs dédites des oscillations	Valeurs adoptées
A. 23° B. 695 ^{mm} C. 770 ^{mm}	de Bernatchez	1		1	h 1,0 S	"	0,2772	0,2764
				2	1,2 S	"	0,2756	
A. 22° B. 695 ^{mm} C. 760 ^{mm}	de Bernatchez	1	149° 34'	1	10,7 M.	0,2816	"	0,2816
A. 20° B. 695 ^{mm} C. 760 ^{mm}	de Bernatchez	1	149° 52'	1	10,2 M.	0,2763	"	0,2763
A. 16° B. 695 ^{mm} C. 800 ^{mm}	de Bernatchez	1	149° 46'	1	8,8 M.	0,2722	"	0,2722
A. 19° B. 695 ^{mm} C. 780 ^{mm}	de Bernatchez	1	149° 31'	1	7,6 M.	"	0,2742	0,2745
				2	7,8 M.	"	0,2749	
A. 17° B. 695 ^{mm} C. 770 ^{mm}	de Bernatchez	1	149° 13'	1	5,6 S.	0,2766	"	0,2766
A. 22° B. 702 ^{mm} C. 770 ^{mm}	de Bernatchez	1	146° 1'	1	11,0 M.	0,2735	"	0,2735
A. 19° B. 720 ^{mm} C. 760 ^{mm}	de Bernatchez	1	147° 49'	1	4,4 S.	"	0,2698	0,2713
				2	4,6 S.	"	0,2728	

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU III RELEVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Rosario (République Argentine)	1883 16 mars	Lat 33° 57' S Long 71° 11' 50"	Prairie à 4000m dans le Sud de la ville et à la même distance de la rive du fleuve Parana Clocher d'une chapelle voisine . . . 94° 40' Terrain gazonné	Ciel découvert Petite brise de N-E
	21 mars	Lat 34° 36' S Long 71° 23' 80"	Prairie à 300m dans le Nord-Est de l'École navale Église de la Recoleta . . . 315° 52' Mât de pavillon de l'École navale 229.54 Terrain gazonné	Beau temps, qq légers nuages Jolie brise d'Est par rafales
	24 mars	Lat 34° 37' S Long 71° 23' 80"	Prairie à 700m dans le Nord-Ouest de la Boca et dans le Sud-Est de la ville Flèche de la plus grosse tour d'une église à trois tours . . . 209° 21' Terrain gazonné	Ciel découvert Bonne brise d'O
	23 mars	Lat 34° 35' S Long 71° 23' 80"	Prairie voisine de la route de Belgrano, à 5000m de la ville Paratonnerre d'un belvédère . . 171° 10'	Ciel découvert Presque calme
Coquimbo (Chili)	1882. 31 déc	Lat 29° 57' S Long 71° 44' 80"	Terrain sablonneux dans le Nord-Nord-Ouest de la ville de Coquimbo Fort de Coquimbo . . . 74° 54' Église de Coquimbo . . . 221 13	Très beau temps Petite brise de S-O
Huasco (Chili)	1883 1 ^{er} janv.	Lat 28° 27' S Long 71° 44' 30"	A 400m dans le Sud-Ouest de la ville	Très beau temps Petite brise de S-O
Caldera (Chili)	2 janvier	Lat 27° 5' S Long 71° 52' 80"	Un peu moins de 1000m dans l'Ouest de l'église Sémaphore . . . 6° 24' Église . . . 124 42 Terrain sablonneux	Ciel couvert au début, dégagé à la fin des observations Calme au début, puis petite brise de S-O
Taltal (Chili)	3 janvier	Lat 25° 26' S Long 71° 51' 60"	A 2000m environ dans l'O du milieu de la ville de Taltal Sémaphore . . . 252° 30' Débarcadère (le plus au Sud) . . 73.52 Terrain nu et sablonneux.	Ciel nuageux d'abord, puis découvert Calme au début, puis petite brise de S-O.

magnétique terrestre

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMERO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNETIQUES			INTENSITÉS HORIZONTALES		
			Relèvements du nord magnét	Numéro de la aiguille	Heures, et m local, correspondantes	Valeurs obtenues par les déterminations absolues	Valeurs dédouilles des oscillations	Valeurs adoptées
0 28° B 761 ^{mm} s. 50 ^m	de Bernardières	I	264° 47'	1	h 2,2 S	0,2683	»	0,2683
0 24° B » s. 15 ^m	de Bernardières	I	69 10	1	9,7 M	0,2660	»	0,2661
0 26° B » s. 10 ^m	de Bernardières	I	76 49	1	1,8 S	0,2665	»	
0 22° B » s. 20 ^m	de Bernardières	I	69 50	1	10,0 M	0,2657	»	
0 22° B ... » s. »	Favereau	IV	239 24	2	4,7 S	»	0,2799	0,2799
0 21° B » s. »	Favereau	IV	»	2	8,5 M	»	0,2790	0,2790
0 22° B » s. »	Favereau	IV	234 39	2	8,0 M	»	0,2795	0,2795
0 23° B » s. »	Favereau	IV	155 46	2 2	8,5 M 8,8	» »	0,2779 0,2773	0,2776

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LILU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Antofogasta (Chili)	1883 4 janvier	Lat 23°39' S Long 4°51',0 O	Derrière la ville, à 200 ^m ou 300 ^m du cimetière Ancre peinte au haut de la montagne 221° 44' Autre ancre près du cimetière 247 38 Terrain nu et sablonneux	Ciel en partie couvert Calme
Cobija (1) (Chili)	5 janvier	Lat 22°34' S Long 4°50',6 O	Presqu'île dans l'Ouest de la ville Cimetière 39° 2' Église 64 36 Sable et rocher	Tres beau temps. Calme
Iquique (Chili)	6 janvier	Lat 20°12' S Long 4°50',1 O	A la pointe extrême de l'îlot du phare Phare 194° 53' Mât de signaux 202 16 Deuxième station à 250 ^m dans le Nord de la première	Tres beau temps Calme
Arica (Pérou)	7 janvier	Lat 18°28' S Long 4°50',7 O	Sur le flanc de la colline du Moro faisant face à la ville Mât de pavillon du fort du Moro 44° 15' Église d'Arica 99 49 Terrain sablonneux	Tres beau temps Calme
Chala (Pérou)	8 janvier	Lat 15°52' S Long 5°16',3 O	A 500 ^m dans le Nord-Nord-Est du centre de la ville Extrémité du débarcadère 172° 53' Cimetière 326 42 Terrain nu et sablonneux.	Ciel en partie couvert Calme
Chorrillos (Pérou)	1 ^{er} févr	Lat 12°11' S Long 5°17',4 O	Au sommet de la colline située dans le Sud de la ville de Chorrillos Église du Callao 140° 14' Gare de Chorrillos 247 21 Terrain nu	Beau temps Assez fraîche brise de S-O
Le Callao (Pérou)	29 Janv	Lat 12°4' S Long 5°17',9 O	Sur la presqu'île sablonneuse située au Sud-Ouest du Callao et appelée <i>la Punta</i> Phare de San Lorenzo 219° 4' Église du Callao 359 29	Temps un peu brumeux Calme

(1) On ne conclut aucune valeur de l'intensité horizontale pour Cobija, voir notes (1), p 468 et 486

et magnétique terrestre

TEMPÉRATURE de l'air ambiant FACTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMERO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNETIQUES			INTENSITÉS HORIZONTALES		
			Relèvements du nord magnét	Numero de laiguille	Heures, et m local, correspondantes	Valeurs obtenues par les déterminations absolues	Valeurs dédites des oscillations	Valeurs adoptées
0 23° B » ε 40 ^m	Favrecau	IV	351 35	2	9,4 M	»	0,2795	0,2795
0 21° B » ε 6 ^m	Favrecau	IV	146 20	2 2	8,5 M 8,7	» »	0,2790 0,2797	»
0 24° B » ε 1 ^m	Favrecau	IV	112 37	2 2	8,5 M 9,0 M	» »	0,2853 0,2853	0,2853
0 26° B » ε 50 ^m	Favrecau	IV	165 59	2	9,6 M	»	0,2895	0,2895
0 25° B » ε 20 ^m	Favrecau	IV	125 50	2	4,7 S	»	0,2925	0,2925
0 24° B » ε 60 ^m	Favrecau	IV	15 57	2	6,0 S	»	0,3098	0,3098
0 25° B » ε 3 ^m	Favrecau	IV	131 51	2	3,7 S	»	0,3083	0,3083

STATIONS	DATES.	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DE L'ÉTAT RELEVEMENT DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE.
Parc de Saint-Maur (1) (France)	1881 4 juin	Lat 48°48' N Long 0°00', 2 E	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la mairie de Nogent 1881 Terrain gazonné	Ciel couvert Faible brise de N
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur pilier extérieur du Nord-Ouest	Ciel couvert Petite brise de N-E
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur pilier extérieur du Nord-Ouest	Idem
	5 juin.	Idem	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la mairie de Nogent 1881	Ciel nuageux Faible brise de N-E
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur pilier extérieur du Nord-Ouest	Idem
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la mairie de Nogent 1881	Ciel très couvert Faible brise de N-E
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur pilier extérieur du Nord-Ouest	Ciel nuageux Petite brise de N-E

(1) Toutes les observations qui suivent peuvent être ramenées à une heure quelconque au moyen des indications de l'appareil enregistreur installé dans les

force magnétique terrestre

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNETIQUES			INTENSITÉS HORIZONTALES		
			Relèvements du nord magnét	Numero de l'aiguille	Heures t m local, correspondantes	Valeurs obtenues par les déterminations absolues	Valeurs dédultes des oscillations	Valeurs adoptées
θ 20° B 759 ^{mm} ε 50 ^m	de Bernardières	I	193° 28'	1	10,8 M	0,1951	»	0,1951
θ 22° B 758 ^{mm} ε 50 ^m	de Bernardières	I	»	1	3,8 S	0,1950	»	0,1950
Idem	Favereau	IV	»	1	1,6 S	»	0,1943	
			»	2	1,8	»	0,1952	
			»	1	2,0	»	0,1952	
			»	2	2,2	»	0,1951	
			»	1	2,8	»	0,1946	
»	»	1	3,0	»	0,1952			
θ 25° B 751 ^{mm} ε 50 ^m	de Bernardières	I	294° 23'	1	10,6 M	0,1950	»	0,1950
Idem	Favereau	IV	»	1	9,8 M	»	0,1952	
			»	2	10,0	»	0,1946	
			»	1	10,5	»	0,1952	
			»	2	10,7	»	0,1946	
θ 27° B 751 ^{mm} ε 50 ^m	de Bernardières	I	294° 32'	1	2,7 S	0,1948	»	0,1949
θ 26° B 749 ^{mm} ε 50 ^m	de Bernardières	I	»	1	4,5 S	0,1950	»	

caves de l'Observatoire magnétique

caves de l'Observatoire magnétique

Les valeurs obtenues sont propres à l'heure moyenne locale de l'observation. Pour les ramener à une heure unique convenue, il faudrait supposer que les éléments magnétiques ont des marches concordantes dans les lieux d'observation et dans l'observatoire magnétique le plus voisin où l'on aurait enregistré les variations de ces éléments. Les données que l'on possède jusqu'ici ne permettent de pratiquer cette réduction que pour les mesures effectuées à Montsouris et au parc de Saint-Maur. L'accord des résultats obtenus au moyen des instruments de la Mission et de ceux des boussoles de ces observatoires est d'ailleurs très satisfaisant ⁽¹⁾.

(1) Voir note (1), p. 100

EXTRAIT DES ANNALES DU BUREAU DES LONGITUDES, TOME III

A.